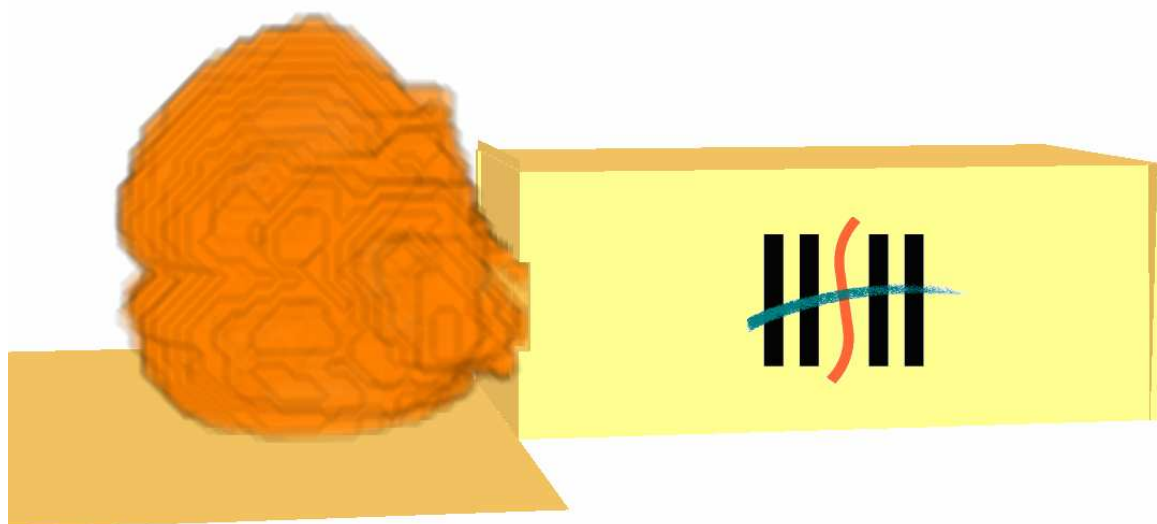




Fenomenet backdraft



Hovedprosjekt utført ved Høgskolen Stord/Haugesund – Avd. Haugesund – Ingeniørfag

Studieretning: Brann

Av: Arild Grov Kandidat nr.10

Eirik Hoel Johansen Kandidat nr.8

Haugesund

2008



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Høgskolen Stord/Haugesund
Studie for ingeniørfag
Bjørnsonsgt. 45
5528 HAUGESUND
Tlf. nr. 52 70 26 00
Faks nr. 52 70 26 01

Oppgavens tittel Fenomenet backdraft		Rapportnummer
Utført av Arild Grov Eirik Hoel Johansen		
Linje Sikkerhet		Studieretning Brann
Gradering Åpen	Innlevert dato 2.5.2008	Veiledere Stefan Andersson (intern) Jens William Bjerkelund (ekstern)

Ekstrakt

Brann er et stort samfunnsmessig problem i Norge. Folk omkommer og store verdier går tapt hvert år. Forskning for å kartlegge hvorfor branner inntreffer og hvordan en kan forhindre at alvorlige branner oppstår, er derfor viktig. I en brann er backdraft en av de mest kritiske hendelser som kan inntreffe, spesielt for redningsmannskap.

I denne oppgaven blir det gjennomført litteraturstudie og simuleringer som tar for seg ulike parameteres innvirkning på backdraft.



BACHELOROPPGAVE

Studentenes navn: Eirik Hoel Johansen
Arild Grov

Linje & studieretning Sikkerhet, Brannteknikk

Oppgavens tittel: *Fenomenet backdraft.*

Oppgavetekst:

Fenomenet backdraft kan føre til stor fare både for personer som oppholder seg i nærheten og spesielt redningspersonell. Det kan også føre til at brannen sprer seg meget hurtig.

Ved hjelp av litteraturstudier og modellering vil denne oppgaven ta for seg fenomenet backdraft og under hvilke forhold en slik hendelse kan inntreffe.

Endelig oppgave gitt: Torsdag 6.mars 2008

Innleveringsfrist: Fredag 2 mai 2008

Intern veileder Stefan Andersson.

Ekstern veileder Jens William Bjerkelund.

**Godkjent av
studieansvarlig:
Dato:**

*Monika Metallinou Log
8. april 2008*

Forord

Alle studenter som gjennomfører en bachelorgrad innen ingeniørfag, skal som avslutning på utdannelsen utføre en bacheloroppgave. Tema for oppgaven velges selv, men skal være innenfor fagretningen. Oppgaven skal være en trening i å gjennomføre et prosjekt og utarbeide en rapport. Studentene skal arbeide selvstendig og nytte den kunnskapen de har tilegnet seg oppgjennom studiet.

I denne oppgaven brukes det to ulike simuleringsprogram. Parallelt med arbeidet av denne oppgaven, tok vi valgfaget brannteknisk simulering, der det ble gitt opplæring i de to programmene.

Arbeidet med denne rapporten har vært tidkrevende og lærerik, det er i stor grad blitt jobbet selvstendig både med hvordan oppgaven er blitt utformet og hvorledes den har blitt løst. Å få erfaring fra arbeid med denne type rapport er meget nyttig. Særlig kan den kunnskap som er blitt opparbeidet om simuleringsprogram bli nyttig i våre videre karrierer, da datasimuleringer blir mer og mer brukt innenfor brannprosjektering og risikostyring.

For å gjenskape simuleringsforsøkene i denne rapporten, kreves en viss innsikt og kunnskap om datasimulering.

Ønsker å takke vår interne veileder Stefan Andersson for god støtte og motiverende oppfølging, samt lure tips og triks, gjennom prosjektet

Ved gjennomføring av prosjektet har vi samarbeidet med flere personer som vi ønsker å takke:

- Jens William Bjerkelund, Norconsult
- Vidar Stenstad, Statens byggt tekniske etat
- Kjetil Staveland, Sveio Brannstasjon
- Alf Reidar Nilsen, HSH

Haugesund 2.5.08



Arild Grov



Eirik Hoel Johansen

Sammendrag

Brann er et stort samfunnsmessig problem i Norge. Mennesker omkommer og store verdier går tapt hvert år. Forskning for å kartlegge hvorfor branner inntreffer og hvordan en kan forhindre at alvorlige branner oppstår, er derfor viktig. I en brann er en backdraft en av de mest kritiske hendelser som kan inntreffe, spesielt for redningsmannskap.

I denne oppgaven blir det utført litteraturstudie av tidligere forskning av fenomenet backdraft. Det blir presentert teori som inneholder hva backdraft er og hvilke parametere som er styrende for at det skal inntreffe. Det er også kort gitt en gjennomgang av noen kjennetegn en backdraft som er i emning kan produsere. I tillegg er det presentert en lokal hendelse hvor backdraft inntraff.

Oppgaven inneholder også simuleringsforsøk med formål å studere ulike parameters innvirkning på backdraft. Simuleringer er utført i to sone modellen CFAST og CFD modellen FDS. Simuleringer gav innblikk i ulike parameters innvirkning på backdraft

Det er blitt belyst at simuleringsprogrammene har visse begrensninger når det gjelder simulering av backdraft. Antagelser FDS utfører, vanskeliggjør det å få et backdraft forløp likt som i teorien. Det blir diskutert forventet resultat ifra teori opp imot det resultat som kommer ut ifra simuleringer.

- Det er ifra simulering bekreftet at om rommet er mindre tett, fører dette til en mindre markant backdraft, grunnet at trykk oppbygging blir motvirket.
- Resultater ifra simulering har vist at type materialer som deltar i brannen har innvirkning på hvor kraftig backdraft som blir utviklet.
- Ulike åpningstider på ventilasjonsåpningen er simulert, det viste at temperatur inne i det simulerte rom før åpning ikke hadde innvirkning på om det ble antennelse eller ikke.

Innholdsfortegnelse

FORORD	ii
SAMMENDRAG.....	iii
INNHALDSFORTEGNELSE	iv
FIGURLISTE	v
BILDELISTE	vi
GRAFER.....	vi
TABELLER.....	vi
DEFINISJONER OG ORDFORKLARINGER.....	vii
1. INNLEDNING.....	1
1.1 TEMA	1
1.2 BAKGRUNN	1
1.3 FORMÅL	2
1.4 AVGRENSNING	3
2 BAKGRUNNSTEORI FOR BACKDRAFT	4
2.1 FORUTSETNINGER FOR AT BACKDRAFT SKAL INNTREFFE	5
2.1.1. Uforbrente gasser produseres	6
2.1.2. Effekt av ulike ventilasjonsåpninger, på innstrømmende luft.....	6
2.1.3. Blandingsforhold og eksplosjonsgrenser	8
2.1.4. Antennelse, turbulent deflagrasjon og ildkule.....	9
2.2. BACKDRAFT, BRANNGASSEKSPLOSION OG OVERTENNING.....	10
2.3. KJENNETEGN FOR Å SE AT EN BACKDRAFT ER I EMNING	11
2.3.1 Brannrøykens farge/utseende	11
2.3.2 Pulsering.....	12
2.3.3 Temperaturer	12
2.3.3 Flammens farge	12
2.4. OPPSUMMERING TEORI	13
3. HENDELSE.....	15
3.1 BRANNEN I SVEIO OMSORGSSENTER	15
3.2 HENDELSE VURDERT OPP MOT TEORI.....	16
4. BEREGNINGSVERKTØY	17
4.1 CFAST.....	17
4.2 FDS.....	18
5 SIMULERING AV BACKDRAFT.....	20
5.1 BACKDRAFTCONTAINER.....	20
5.1.1 GEOMETRISK UTFORMING AV CONTAINER, SAMT PLASSERING AV MÅLEINSTRUMENT	21
5.2 OVERSIKT SIMULERINGER	23
5.3 SIMULERINGER.....	24
5.3.1 Simulering 1	24
5.3.2 Simulering 2	24

5.3.3 Simulering 3	25
5.3.4 Simulering 4	25
5.3.5 Simulering 5	26
5.3.6 Simulering 6	27
5.3.7 Simulering 7	27
6 RESULTAT	29
6.1 Resultat simulering 1	29
6.2 Resultat simulering 2	30
6.3 Resultat simulering 3	31
6.4. Resultat simulering 4	32
6.5 Resultat simulering 5	33
6.6 Resultat simulering 6	35
6.7 Resultat simulering 7	36
6.8. Oppsummering resultat	37
7 DISKUSJON	38
7.1 GENERELL DISKUSJON AV TEORI OG SIMULERING	38
7.2 DISKUSJON AV RESULTATER FRA SIMULERINGER	41
7.2.1 Diskusjon simulering 1 og 2	41
7.2.2 Diskusjon simulering 3	41
7.2.3 Diskusjon simulering 4, 5 og 7	41
7.2.4 Diskusjon simulering 6	43
7.3 DISKUSJON FDS MOT CFAST	44
7.4 FORSLAG TIL VIDERE ARBEID	44
8. KONKLUSJON	45
9. LITTERATURLISTE	46
VEDLEGG	47

Figurliste

Figur 1 Prinsipp skisse av et backdraft forløp[2]	5
Figur 2 Ulike ventilasjonsåpninger i saltvannsforsøk utført av Fleiscman [5]	7
Figur 3 Eksplosjons diagram for Hydrogen.	8
Figur 4 Brann vekst til Overtenning, eller backdraft.	10
Figur 5 Viser avdelingen av Sveio Omsorgssenter som ble rammet av brann.....	16
Figur 6 Viser 2-sone antagelser i CFAST.	18
Figur 7 Backdraft container med mål.....	21
Figur 8 Plassering av termoelement.	22
Figur 9 Plassering av termoelement.	22
Figur 10 Plassering av trykkmåler.	22
Figur 11 Plassering av trykkmåler.	23
Figur 12 Fremvisning av simulering 2 i Smokeview.	30
Figur 13 Viser temperatur i containeren like før åpning.	31
Figur 14 Simulering 1 med container i FDS	31
Figur 15 Temperatur inne i container like før introdusering av ventilasjonsåpning.	32

Figur 16 Bilde fra simulering av backdraft container i forsøk 2	33
Figur 17 Viser temperatur inni containeren like før åpning.	34
Figur 18 Bildet viser en kraftig ildkule ett sekund etter at luka har åpnet i 5. forsøk.	34
Figur 19 Temperatur inne i container like før åpning av ventilasjonsåpning simulering 7.	36
Figur 20 Simulering 7. 0,85 sek etter åpning av ventilasjonsåpning.	37

Bildeliste

Bilde 1 Ildkule som slår ut av Backdraft container.	9
Bilde 2 Brann i gamle sjøhuset ved Vico og Røthing på Indre kai i Haugesund 2007.	11
Bilde 3 Viser FDS mens den simulerer.	19
Bilde 4 Container hvor det blir utført backdraftforsøk ved Lund Universitet. [10]	21

Grafer

Graf 1 Viser utvikling i branneffekt i simulering 1	29
Graf 2 Viser temperatur utvikling i simulering 6.	35
Graf 3 Viser forskjell i temperatur i simulering 4, 5 og 7.	42
Graf 4 Viser forskjell i trykk i simulering 4, 5 og 7.	43

Tabeller

Tabell 1 Oversikt over simuleringer.	23
Tabell 2 Viser temperaturer like før åpning i simulering 6.	35
Tabell 3 Simuleringer hvor backdraft inntraff.	37
Tabell 4 Temperaturer i brannrom like før introduisering av ventilasjonsåpning.	39

Definisjoner og ordforklaringer

I dette kapitelet gis det definisjoner og ordforklaringer til ord og uttrykk som er nyttet i denne rapporten.

Backdraft

Backdraft er antennelsen av branngasser som er produsert som følge av at en brann har pågått med begrenset tilgang på oksygen. En ventilasjonsåpning blir introdusert (åpnet) når det er ideelle blandingsforhold og brannen nesten er slukket, men fortsatt har en flamme. Da vil frisk luft strømme inn og blande seg med de uforbrente gassene og en antennelse vil skje da branngassene når øvre brennbarhetsgrense som følge av innblanding av den innstrømmende luften. Det oppstår en eksplosjonsartet deflagrasjon igjennom brannrommet og ut åpningen.

Backdraftcontainer

Container som er nyttet til fullskala tester/forsøk av backdraft ved universitetet i Lund[1]. Simuleringene i denne oppgaven er utført som simuleringer av disse fullskala forsøkene. Se kapittel 6.1 for geometrisk utforming av container.

Branngassantennelse

Brukt som et norsk ord på backdraft. Når branngassene når brennbarhetsgrensen som følge av innblanding av luft og blir antent. Kan brukes på andre ting en bare backdraft. Når en branngasseksplosjon inntreffer så er det også en branngassantennelse.

Branngass eksplosjon

Meget hurtig forbrenning av en blanding av branngasser og luft, som medfører volum- og trykkøkninger i størrelsesorden deflagrasjon. Skjer sjelden i brannrommet, men ofte i rom tilknyttet brannrommet[4].

Brannrommet

Er i denne oppgaven brukt som det rommet der brannen har sitt startsted.

Brenselskontrollert

Er det god tilgang på luft og mer luft enn hva som trengs for å få forbrenning, kalles brannen brenselskontrollert eller vel ventilert brann.

Deflagrasjon

Forbrenningsbølge, som propagerer med hastighet lavere enn lydhastigheten inn i det uforbrente mediet. Hastigheten til de uforbrente gassene foran flammen er et resultat av utvidelsen til forbrenningsproduktene. Under gunstige forhold kan en deflagrasjon akselerere til detonasjon[7].

Eksplosjon der forbrenningsbølgen sprer seg med underlyds hastighet i forhold til ubrent gass forut for flammen[6].

Densitet

Annet ord for densitet er tetthet. Beskriver masse per volum. Alle væsker og gasser har en spesifikk densitet. SI enhet: $[Kg/m^3]$

Detonasjon

Forbrenningsbølge, som propagerer med en hastighet større en lydhastighet i den uforbrente gassen. For brensel/luft blandinger kan detonasjonshastigheten komme opp i 2000 m/s og maksimalt overtrykk rundt 20 bar.

Eksplasjon

Brå forbrennings- eller nedbrytingsprosess som fører til økning i temperatur eller trykk[6].

Eksplasjonsområde

Området mellom nedre og øvre eksplasjonsgrenser til en brennbar væske eller gass. Eksplasjonsområde måles i prosent innblandet gass/væskedamp i luft. Brannrøyk vil opptre som en brennbar gass, og har antennelsestemperatur på ca 5-600°C og et eksplasjonsområde på ca. 40-90%[4].

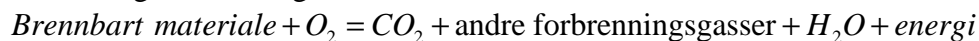
Flammefronten

Brukt som den fremre delen av flammen som beveger seg ut av et avgrenset område. I et backdraftscenario vil flammefronten være flammen som slår ut av container.

Fullstendig forbrenning

Fullstendig forbrenning er definert som at alt brennbart materiale gis anledning til å reagere med luftas oksygen[4].

Fullstendig forbrenning kan forenklet skrives slik:



Ildkule / flammeball

Kule lignende flamme som brer seg ut av ventilasjonsåpning når en backdraft inntreffer.

Limited Oxygen Concentration (LOC)

Er definert som den grenseverdi av oksygenkonsentrasjon som støtter en forbrenning, under denne konsentrasjon er blandingen ubrennbar.

Nedre brennbarhetsgrense

Høyeste konsentrasjon av brensel i luft som gir brennbar blanding.

Nedre eksplasjonsgrense

Er den minste innblandingen av den brennbare gassen/dampen som gjør at blandingen skal kunne brenne. Vil gå ned mot 0 % når temperaturen nærmer seg gassens/væskens antennelsestemperatur[4].

Oksidering

Et atom som gir fra seg en eller flere elektroner i en kjemisk reaksjon, blir oksidert. Slike kjemiske reaksjoner kalles reduksjons - oksidasjons reaksjoner. Den kjemiske reaksjonen som blir referert til i denne oppgaven er forbrenning.

Propagering

Flammefront som ”spiser” seg inn i uforbrente gasser. Det er klare definerte soner; reaksjonssone, område med uforbrent brennstoff og sone med reaksjonsprodukter.

Pulsering

Når en forbrenning foregår uten tilstrekkelig tilgang til oksygen kan en brann dra til seg luft igjennom utettheter i bygningskroppen. Dette skjer som følge av trykkforskjeller i brannrommet og omliggende rom, dette kalles pulsering.

Pyrolyse produkter

Når et fast materiale varmes opp, avgir det gasser. Denne prosessen kalles pyrolyse. Pyrolyse er en kjemisk omdanning fra komplekse til enklere bestanddeler[1].

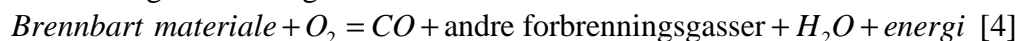
Turbulens

Strømning deles inn i laminær og turbulent strømning. Ved laminær strømning strømmer fluidet i lag, mens turbulent strømning karakteriseres ved uregelmessig bevegelse(virvler)[8].

Ufullstendig forbrenning

En ufullstendig forbrenning skjer når det er begrenset tilgang på oksygen. Det blir da dannet uforbrente branngasser. De inneholder energi som kan frigjøres ved et senere tidspunkt og føre til trykk og temperatur økning[1].

Ufullstendig forbrenning kan forenklet skrives slik:



Ventilasjonskontrollert

Finnes det for lite luft for forbrenning av brensel kalles brannen ventilasjonskontrollert eller underventilert. Det blir da dannet uforbrente branngasser[1].

Øvre brennbarhetsgrense

Laveste konsentrasjon av brensel i luft som gir brennbar blanding.

Øvre eksplosjonsgrense

Er den maksimale innblanding av gass/damp som er mulig, for at blandingen skal kunne brenne. Vil synke med synkende oksygenmengde [4]

1. Innledning

1.1 Tema

Hvert år omkommer det i snitt cirka 60 personer som følge av brann i Norge, det blir også hvert år utbetalt erstatningssummer etter branner på over 3 milliarder norske kroner (se for øvrig vedlegg A for mer utfyllende statistikk). Legger vi dette til grunn så er det fortsatt stort behov for å kartlegge hvorfor branner inntreffer og hvordan en kan forhindre at alvorlige branner oppstår. I et brannforløp er en backdraft noe av det mest kritiske som kan inntreffe.

Backdraft er et fenomen som kan føre til store konsekvenser for personer som oppholder seg i nærheten av hvor det inntreffer, spesielt stor fare vil det være for redningsmannskap som gjennomfører søk i bygg hvor det brenner. Hvis en backdraft inntreffer fører det til en akselerasjon av brann og røykspredning til resten av bygget. Det er gjort en del forskning på fenomenet backdraft for å bedre forståelsen for fenomenet, og etablere retningslinjer for hvordan redningsmannskap skal kunne forutse fare for en backdraft.

Det er relativt sjeldent at backdraft inntreffer uten at en vil framprovosere det, men når det først inntreffer kan det få fatale følger. Backdraft oppstår når en brann brenner med begrenset tilgang til oksygen, dette kan skje når rom er tette og godt isolert. Når forbrenning foregår med utilstrekkelig tilgang til oksygen blir det produsert mye uforbrente branngasser. Disse kan antenne når en introduserer en ny ventilasjonsåpning, for eksempel når redningsmannskap som søker etter savnede personer, åpner en dør. De uforbrente branngassene blander seg da med luft som kommer inn igjennom den nye ventilasjonsåpningen, og dette fører til at branngassene kommer innenfor eksplosjonsgrensene og antenner viss brannen ikke er slukket som følge av at det er for lite oksygen i rommet. Når branngassene antenner skaper dette en rask og kraftig brann i branngassene, hendelsen kan minne om en eksplosjon. Brannen beveger seg raskt igjennom brannrommet og antenner branngassene på vei ut og kan slå ut av rommet og skape en ildkule. For få år siden kom det myndighetskrav om at nye hus som bygges må være tettere for å spare energi. Dette kan være med å øke faren for backdraft i boligbranner, da det kan øke sannsynligheten for at branner utvikler seg til en ventilasjonskontrollert brann og brenner med begrenset tilgang på oksygen. Derfor er det viktig å bygge videre på tidligere utført forskning for å få en så god forståelse av fenomenet som mulig, og om mulig etablere rutiner for hvordan en skal tilnærme seg et rom hvor det antas å kunne oppstå backdraft. De fleste studier som er gjort på dette fenomenet er utført i småskala forsøk, men det er også gjort en del fullskala forsøk. Det er gjort få studier som benytter seg av tilgjengelige datamodeller for å se på fenomenet.

1.2 Bakgrunn

For å unngå skade på redningspersonell som skal inn og gjøre en innsats i et bygg hvor det brenner, er det viktig å forstå seg på fenomenet backdraft. Det er derfor viktig å etablere kunnskap om hvilke parametere som er styrende for at fenomenet inntreffer, hvilke forvarsler som sier noe om en backdraft er i emning, og om hvordan en på best mulig måte skal angripe et rom hvor det mistenkes å kunne være fare for backdraft.

Grunnen til at denne oppgaven ble valgt er at forfatterne har stor fasinasjon og interesse for fenomenet, og vil prøve å opparbeide seg en så god forståelse som mulig av fenomenet ved hjelp av litteraturstudier av tidligere gjennomførte forskningsarbeid. Det er også vurdert at studie av fenomenet backdraft vil øke forståelsen for brann generelt og det vil således tilegnes mye kunnskap om brann ved å utarbeide denne rapporten.

En medvirkende faktor til at det ble valgt å se nærmere på backdraft, var at det i juni 2007 inntraff en backdraft i nærhet av studiestedet, nemlig på Sveio omsorgssenter, 30 min kjøring fra Haugesund. Hendelsen var direkte medvirkende til at brannen utviklet seg meget raskt og førte til at 2 pasienter omkom i brannen. Det ble etablert kontakt med varabrannsjef i Sveio kommune Kjetil Staveland, som var med på å slukke brannen, og med Vidar Stenstad i Statens bygningstekniske etat (BE) som var med å utarbeide en rapport om brannen for Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB).

Det ble besluttet å starte med litteraturstudie av tilgjengelig bakgrunnskunnskap om fenomenet, for så å benytte CFD modellen FDS til å simulere en backdraft. Nærmere beskrivelse av FDS gis i kapittel 4.2, eventuelt i brukermanual [8]. Grunnen til at det ble valgt å se på fenomenet ved hjelp av datamodeller er at dette er noe som det er blitt gjort lite forsøk på i tidligere studier, og at kandidatene holdt på med opplæring i det aktuelle programmet i faget Brannteknisk simulering. Det ble vurdert at ved å prøve å simulere i FDS ville det tilegnes mye kunnskap om CFD modellering, som er noe som blir mer og mer brukt både i brannprosjektering og brannetterforskning. Det kan være med å bidra til å øke forståelsen om hvilke parametere som styrer en backdraft, og øke forståelsen av fenomenet ved hjelp av datasimuleringer. Dette var også grunner til at denne oppgaven ble vurdert som både nyttig og spennende.

1.3 Formål

Backdraft er som nevnt i kapittel 1.1 en meget kritisk hendelse når det først inntreffer, både for redningsmannskap og for videre brann og røykspredning. For å hindre at det oppstår må fenomenet forstås og det må gjøres kjent for de som arbeider med redningsarbeid i brann om faren ved slike hendelser.

Formålet for denne oppgaven er derfor å:

- Bidra til å øke forståelsen av fenomenet backdraft og hvilke forutsetninger som må være tilstede for at det inntreffer, det eksisterer lite norsk litteratur om fenomenet.
- Undersøke og etablere kunnskap om hvilke parametere som har innvirkning på backdraft.

I dette arbeidet er det blitt nyttet litteraturstudier av tidligere forskningsarbeid på fenomenet, samt simuleringer i datamodeller.

1.4 Avgrensning

Det er i arbeidet med denne rapporten ikke nyttet reelle forsøk. Det ville nok vært nyttig å ha gjennomført reelle forsøk både i småskala og fullskala, men dette er meget tidkrevende og komplisert å gjennomføre. For at en skal kunne få noe resultat ut av slike forsøk, må det være tilnærmet like forhold ved alle testene og testoppsettet må være grundig vurdert og kvalitetssikret. Forsøkene bør også gjennomføres gjentatte ganger, for å kunne konkludere med at det resultatet en får er representativt og kan bekreftes.

Da det i Haugesunds område ikke finnes noen Backdraffttrigg lignende den på Lund universitetet (se for øvrig kapittel 5.1), ville det vært meget tidkrevende å bygget opp en slik. Siden dette er et prosjekt som bare gjennomføres som 1/3 av siste semester ved ingeniør utdanningen, så er det begrenset hvor mye tid en har til rådighet i forhold til hva som er vurdert at en ville fått ut av slike forsøk. Nytteverdien for rapporten ville vært liten sett i forhold til hva en kan få ut av simuleringer og hvilken tid det ville tatt å gjennomføre slike forsøk. Simuleringer kan gjøres relativt raskt og er det lagt inn noe feil så er dette kjapt å endre på. Det kan gjennomføres mange flere tester på kortere tid, og flere forhold kan vurderes.

Simuleringer: I simuleringene er det bare gjort simuleringer av backdrafftcontainer, det er ikke gjennomført simuleringer av andre caser hvor det har inntruffet backdrafft. Grunnen til dette er at det i backdrafftcontaineren er gjort helt klart hvilke forutsetninger som er lagt inn. Skulle det ha blitt simulert en aktuell hendelse er det mange flere usikkerheter, det er derfor vurdert at det vil gi mer utbytte å simulere backdrafftcontaineren, og på denne måten kunne si noe om parametere som styrer backdrafft.

Det er i simuleringen bare sett på hvilke temperaturer og trykkoppbygging som er innenfor og utenfor containeren.

Programmer: Det er bare nyttet 2-sone modellen CFAST og CFD modellen FDS og vurdert disse opp imot hverandre. Det finnes andre programmer som kan være bedre til å simulere backdrafft, som for eksempel FLACS. Grunnen til at det er nyttet de to overnevnte programmer er at disse er gratis programmer, og dette gjør at de er tilgjengelig for alle. Dette gjør det lett å etterprøve de resultater som blir presentert. Programmene som er brukt i denne rapporten er brukt slik som de er utgitt ifra utgiver, det er ikke gjort omprogrammeringer i programmenes datakoder. Det kan være nødvendig å endre på enkelte styrende likninger, for å kunne få et så riktig bilde som mulig når en backdrafft skal simuleres. Dette er ikke blitt gjort grunnet at forfatterne av denne rapporten ikke har kunnskap og erfaring med slikt arbeid.

2 Bakgrunnsteori for backdraft

I arbeidet med å simulere backdraft og forstå fenomenet må det først bestemmes hva som må være tilstede av forutsetninger for at backdraft skal inntreffe, og hvilke parametere som er styrende for at det skal skje? I dette kapittelet gis det en innføring i hvilke forutsetninger som må være tilstede for at backdraft skal kunne inntreffe, hvilke momenter som må inngå for at en hendelse skal kunne kalles backdraft, forskjeller mellom backdraft, branngasseksplasjon og overtenning, samt hvilke kjennetegn en nært forestående backdraft produserer. Ved litteraturstudie av tidligere utførte anerkjente forskningseksperimenter på fenomenet, prøves det å gi en best mulig beskrivelse av fenomenet.

Det finnes mange definisjoner på hva backdraft er, men det er enda ikke definert av den internasjonale standardiseringsorganisasjonen. Det er imidlertid mange anerkjente organisasjoner som har definert fenomenet.

National fire protection association (NFPA) har definert backdraft som: *“Backdraft is the burning of heated gaseous products of combustion when oxygen is introduced into an environment that has a depleted supply of oxygen due to fire. This burning often occurs with explosive force”*

Oversatt til norsk: Backdraft er brann av oppvarmede gasser som kommer fra forbrenning, når oksygen er introdusert i et miljø som har begrenset tilgang til oksygen som følge av brann. Denne brannen opptrer ofte med eksplosiv kraft.

Institution of fire engineers (IFE) bruker denne definisjonen på backdraft: *“An explosion, of greater or lesser degree, caused by the inrush of fresh air from any source or cause, into a burning building, where combustion has been taking place in a shortage of air”*

Oversatt til norsk: En eksplosjon i større eller mindre grad, forårsaket av innstrømming av frisk luft fra en hvilken som helst kilde eller årsak, inn i en brennende bygning hvor forbrenning har pågått med begrenset tilgang på luft.

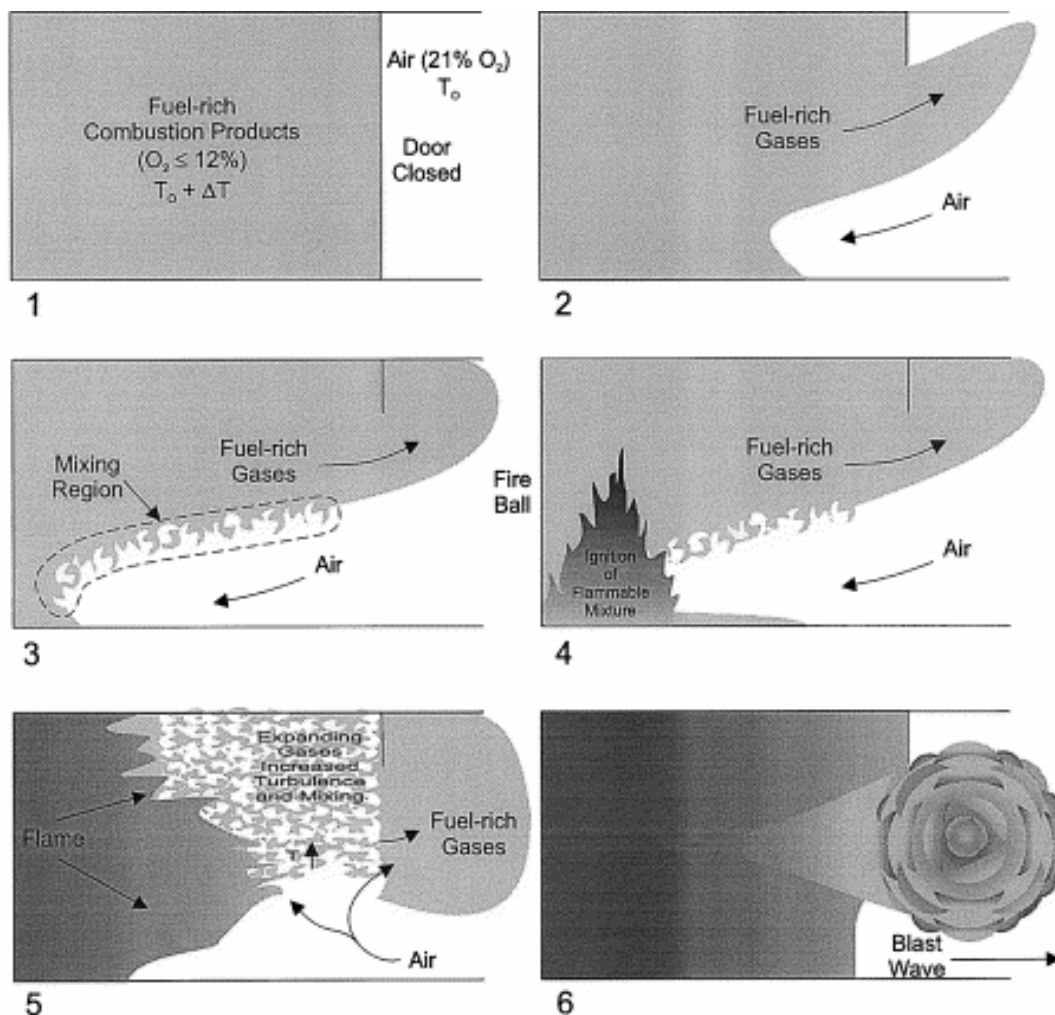
Hvilken definisjon som brukes er egentlig irrelevant. De sier det samme, men på forskjellige måter. De varierer også med tanke på hva som blir tatt med, for eksempel er det ikke alle definisjoner som tar med at backdraft kan skje med en tilnærmet eksplosiv kraft. Det er også forskjell på hva en kaller fenomenet. I enkelte publikasjoner blir det referert til flammeball eller ildkule, som er den flammen som slår ut av rommet når de uforbrente gassene antenner utenfor brannrommet, på engelsk blir det kalt backdraught. Branngassantennelse er også et navn som blir brukt, kjært barn har mange navn som det heter. I denne oppgaven vil det videre bli brukt ”Backdraft” i mangel på et norsk ord som beskriver fenomenet. Den definisjon som blir nyttet videre i denne oppgaven, er en definisjon som forfatterne av denne oppgaven har utarbeidet selv. Den er satt sammen av flere andre definisjoner for å få med det som blir vurdert som viktigst for å beskrive backdraft på en best mulig måte: ” Backdraft er antennelsen av branngasser som er produsert som følge av at en brann har pågått med begrenset tilgang på oksygen. En ventilasjonsåpning blir introdusert (åpnet) når det er ideelle blandingsforhold og brannen nesten er slukket, men fortsatt har en flamme. Da vil frisk luft strømme inn og blande seg med de uforbrente gassene og en antennelse vil skje da branngassene når øvre brennbarhetsgrense som følge av innblanding av den innstrømmende luften. Det oppstår en eksplosjonsartet deflagrasjon igjennom brannrommet og ut åpningen”.

2.1 Forutsetninger for at backdraft skal inntreffe

For at en backdraft skal oppstå er det en rekke forutsetninger som må være tilstede. Det er i praksis ikke så ofte en får backdraft uten at en framprovoserer det selv, men når det først skjer kan det føre til store konsekvenser både for videre brannspredning og personsikkerhet. Spesielt kan det føre til fatale følger for redningsmannskap. Figur 1 viser et typisk backdraft forløp.

For at en hendelse skal kunne kalles backdraft må følgende momenter inngå[1]:

- Uforbrente gasser må produseres.
- En oksygenrik luftstrøm må komme inn.
- En velblandet region av uforbrente gasser og luft oppstår.
- En tennkilde antenner gassene som er blandet.
- En turbulent deflagrasjon oppstår i rommet.
- En ildkule presses ut av rommet.



Figur 1 Prinsipp skisse av et backdraft forløp[2]

I de neste kapitlene vil det bli gjennomgått og forklart de ulike momentene som er angitt over.

2.1.1. Uforbrente gasser produseres

Når forbrenning foregår under ideelle forhold, det vil si med god tilgang på brensel og luft så vil alle pyrolyseproduktene fra brenselsoverflaten bli fullstendig oksidert igjennom en kjede av eksoterme forbrenningsreaksjoner. Dette kalles fullstendig forbrenning [3]. Ved fullstendig forbrenning blir det bare dannet CO_2 og vann (H_2O), som er ikke brennbare stoffer.

Når det ikke er ideelle forhold for brannen, for eksempel ved at det er lite tilgang til luft i brannrommet, vil en del av pyrolyseproduktene forbli uforbrente og en del av forbrenningsreaksjonene vil stoppe opp før de er blitt fullstendig oksidert. Brannen vil fortsette å brenne, men temperaturen vil ikke øke betraktelig og brannen vil ikke kunne gå til overtenning.

De varme gassene som blir produsert over brannplumen vil alltid inneholde noe uforbrent pyrolysegass med mindre det er en brann som har høy temperatur og meget god lufttilførsel. Blir oksygenivået redusert, vil det øke mengden uforbrente pyrolyseprodukter og en får da det som kalles en ufullstendig forbrenning, og brannen blir ventilasjonskontrollert. Ufullstendig forbrenning skjer pga at det er så lav forbrenningstemperatur at oksygenet ikke fullt ut makter å ta del i reaksjonen, eller det deltar for mye brennbart materiale i forhold til den tilgjengelige lufttilførselen[4]. De uforbrente branngassene som blir dannet inneholder energi som kan frigjøres ved et senere tidspunkt og føre til trykk og temperatur økning, som er tilfellet ved backdraft. Eksempler på produkter som kommer ut ifra ufullstendig forbrenning er: CO , HCN , NO_2 , NH_3 , HCL .

For å få dannet uforbrente pyrolyseprodukter i røyklaget må oksygenivået i rommet være begrenset, men det må ikke være så lavt at brannen slukker, for da eksisterer det ingen tennkilde som kan antenne den brennbare gass/luft blandingen. I vanlig luft er det en blanding av cirka 21 % oksygen (O_2), 78 % nitrogen(N_2), og 1 % edelgasser. Når oksygenivået i rommet synker ned mot 13 % og under dette, vil de fleste branner slukke. For at en backdraft skal inntreffe må altså oksygenivået ikke ligge under dette, da det kreves en antennelseskilde for å kunne antenne de velblandede røykgassene. Det refereres i mange publikasjoner til limited oxygen concentration (LOC).

2.1.2. Effekt av ulike ventilasjonsåpninger, på innstrømmende luft

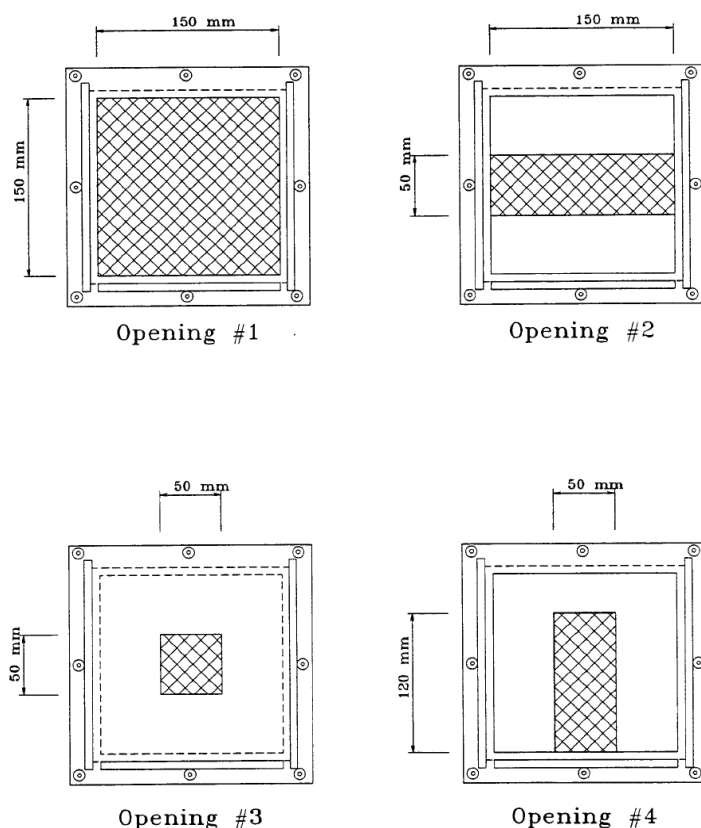
Brannrommet må ikke være helt tett viss en backdraft skal kunne inntreffe. Det må introduseres en ny ventilasjonsåpning for eksempel en dør eller et vindu som blir åpnet, før brannen dør ut som følge av oksygenmangel. Det kan også oppstå backdraft dersom en glødebrann hele tiden har tilgang til en begrenset luftmengde, det blir da en stor konsentrasjon av uforbrente gasser i brannrommet. Dette kan inntreffe for eksempel ved at rommet ikke er helt tett, og brannen vil da pulsere, da "drar" brannen til seg luft inn igjennom utettheter i bygningskroppen (for eksempel åpning under dør). Når det plutselig blir en ny ventilasjonsåpning, og kald luft kommer inn i brannrommet, blir luften blandet med det varme gasslaget som inneholder mye uforbrente pyrolyseprodukter og branngassene kommer innenfor eksplosjonsgrensene og blir antent når de kommer i kontakt med antennelseskilden (brannen).

Det er gjort flere forsøk med ulike åpningsgeometrier, blant annet av Fleiscman [5], for å undersøke hvilken effekt forskjellige ventilasjonsåpninger har på innblanding av luft med de uforbrente pyrolysegassene. Hvilken åpning som blir introdusert har vist seg å ha noe å si for hvor godt de uforbrente gassen blir blandet med den innstrømmende luften, som følge av at det blir skapt turbulens. Når det blir skapt turbulens blir det skapt strømminger i rommet som fører til at luften som kommer inn blir blandet bedre med de uforbrente branngassene. Det har også vist seg at åpningsgeometrien har innvirkning på hvilken fart den innstrømmende luften får inn i rommet.

Fleiscman [5] har i sitt arbeid med å se på backdraft benyttet en saltvannsmodell der det er studert hvilken hastighet, og hvor godt den innstrømmende luften blir blandet med de varme røkgassene ut i fra hvilken åpningsgeometri en har på det aktuelle brannrommet. Det ble nytted væsker med ulik densitet for å simulere varm luft og kald luft som strømmer inn, når en åpning blir introdusert i strukturen. Resultatene fra saltvannseksperimentet ble sammenlignet opp imot reelle brannforsøk, og det viste seg at de gav god overensstemmelse. Studiet viste at hastigheten på den innstrømmende luftstrømmen ble påvirket av følgende faktorer:

- Rommets størrelse
- Rommets ventilasjonsåpning
- Densitetsforskjeller (branngasser/luft) som følge av temperaturforskjeller.
- Rommets høyde.

De ulike åpningsgeometriene som ble brukt i saltvannsforsøket, er vist i figur 2: Åpning 1: En hel vegg ble åpnet. Åpning 2: en åpning som gjekk over heile lengden til den ene kort veggen men er stengt igjen under og over. Åpning 3: Skal simulere at et vindu er åpnet. Åpning 4: skal simulere at en dør er åpnet.



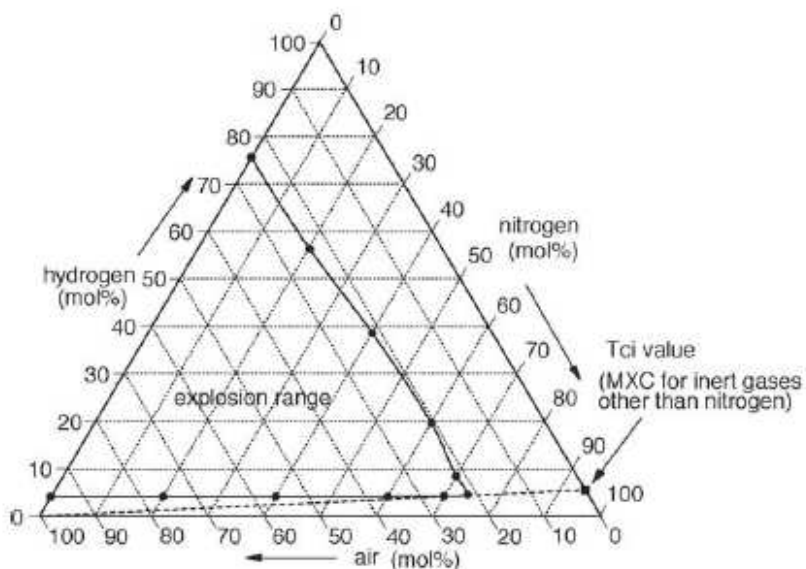
Figur 2 Ulike ventilasjonsåpninger i saltvannsforsøk utført av Fleiscman [5]

Resultatene fra saltvannsforsøkene viste at det ble mest markant blanding med innstrømmende væske og væskene inne i rommet når en nyttet åpning 2 og 3. Det ble mye større blanding mellom væskene ved de åpningene, enn når en åpnet hele veggen. Det er på grunn av at det oppstår turbulens og endringer i innkommende væskers retning når de treffer skarpe kanter på vei inn i rommet. Dette kan som diskutert over korreleres til innstrømmende luft. Det er i denne oppgaven benyttet åpning 2 på containeren i simuleringene som er utført, som er samme åpning som ble benyttet under fullskala forsøkene på Lund universitetet (se for øvrig kapittel 5.1)

2.1.3. Blandingsforhold og eksplosjonsgrenser

Alle gasser har et eksplosjonsområde. Eksplosjonsområde består av en øvre og nedre grense, som sier noe om hvor mye av den brennbare gassen/dampen som er blandet med omliggende luft. Nedre eksplosjonsgrense er den minste innblandingen av den brennbare gassen/dampen som gjør blandingen brennbar, og øvre er den maksimale innblandingen som gjør blandingen brennbar. Er det for lite av den brennbare gassen i luft vil den ikke kunne antenne, da er blandingen under den nedre eksplosjonsgrense. Omvendt er blandingen for "tykk" altså for mye av den brennbare gassen i luft så vil den heller ikke antenne, da er blandingen over den øvre eksplosjonsgrense. På figur 3 er det vist et eksempel på hvordan eksplosjonsområdet til en miks av hydrogen og nitrogen er i luft, det er ofte vanlig å presentere gassers eksplosjonsområde i et slik diagram.

Frisk luft kommer inn i brannrommet, som følge av at en ventilasjonsåpning plutselig blir introdusert. Dette kan for eksempel skje ved at redningsmannskap åpner en dør, eller et vindu sprekker pga ujevn temperatur i glasset. Da skapes det en blanding som antenner når den når brannrøykens eksplosjonsgrenser, akkurat som for andre gasser. Det er vanskelig å anslå brannrøykens eksplosjonsgrenser da innhold i brannrøyken varierer ut ifra hva som brenner og dette fører til at brannrøyken ikke vil antenne på samme temperatur og blandingsforhold i alle tilfeller.



Figur 3 Eksplosjons diagram for Hydrogen.

2.1.4. Antennelse, turbulent deflagrasjon og ildkule

Antennelse av det brennbare røykgasslaget vil skje når brannrøyken er innenfor brannrøykens eksplosjonsgrenser og kommer i kontakt med antennelseskilden (brannen). Flammen vil da spre seg igjennom brannrommet som en turbulent deflagrasjon. Antennelsen forårsaker en umiddelbar trykkøkning når flammen deflagrerer fremover i det forblandede sjiktet. Hvor i det aktuelle rommet antennelseskilden befinner seg kan ha innvirkning på hvor kraftig backdraft det blir. Skjer antennelsen langt inne i rommet med stor avstand ifra hvor ventilasjonsåpningen blir introdusert, vil mye av branngassene kunne få blande seg med den innkommende luften før det skjer en antennelse. En vil av denne grunn kunne få en kraftigere backdraft. Den raske ekspansjonen av branngassene forårsakes av at flammen presser det resterende brenselet ut igjennom åpningen med høy hastighet og høy turbulens. De uforbrente branngassene blir da blandet med frisk luft utenfor rommet og antennes av flammefronten, som resulterer i den karakteristiske ildkulen som slår ut av rommet. Desto mer uforbrente branngasser som finnes desto større ildkule. Det går an å estimere størrelsen på ildkulen ut ifra formel (1)

$$(1) D = 5.8m^{\frac{1}{3}} [12]$$

der D er maks diameter på ildkulen i meter, og m er massen av uforbrente gasser i kilogram.

Denne ildkulen fører til at brannen sprer seg ut av brannrommet, og kan føre til store konsekvenser for omliggende rom, og kan medvirke at brannen sprer seg meget hurtig. Det vil i simuleringen som er blitt utført i denne oppgaven bli sett på hvilke verdier av temperaturer som kommer ut i rommet som er i kontakt med brannrommet hvor ildkulen slår ut i.

Det kan også i sjeldne tilfeller oppstå situasjoner hvor branngasser selvantenner i den introduserte ventilasjonsåpningen. Branngassene må da holde en meget høg temperatur på rundt 500 – 600°C[1]. Brannen vil da brenne seg innover i rommet, dette vil ikke føre til en like stor trykkoppbygging, som når branngassene får blandet seg inne i brannrommet og propagerer ut av brannrommet.

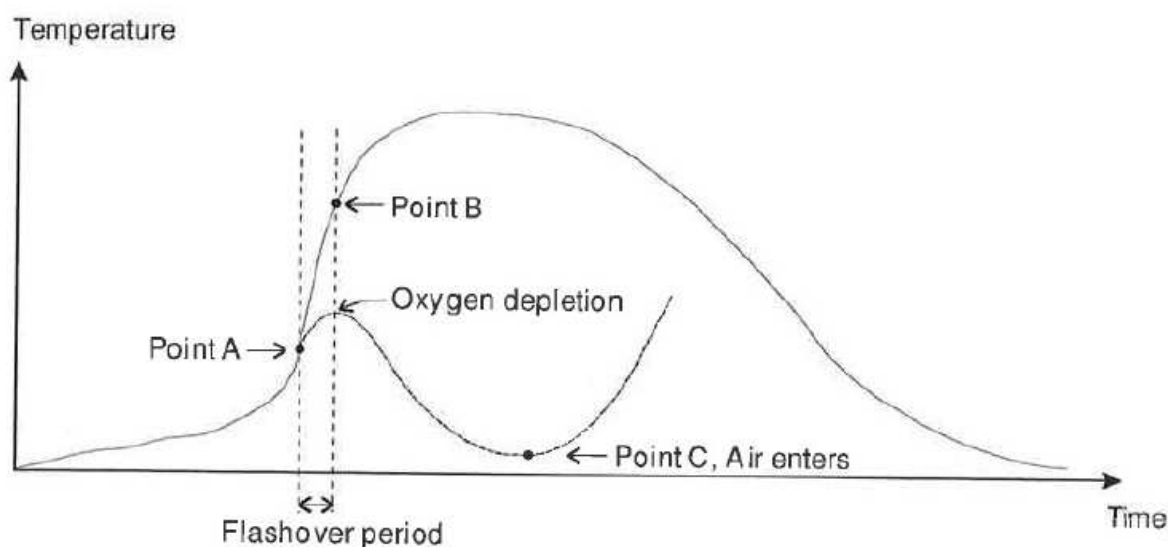


**Bilde 1 Ildkule som slår ut av Backdraft container.
Etter åpning av ventilasjonsåpning. Fullskala forsøk i backdraft container**

2.2. Backdraft, Branngasseksplasjon og Overtenning

Det er viktig å skille mellom backdraft, branngasseksplasjon og overtenning. Backdraft, overtenning og branngasseksplasjon blir ofte brukt om en annen i forskjellige publikasjoner. Det at en ikke har et fullgodt ord for backdraft på norsk fører til at mange faller for fristelsen å kalle backdraft en branngasseksplasjon. I dette kapitlet gis det en beskrivelse av forskjellene mellom backdraft, branngasseksplasjon og overtenning.

Mens backdraft oppstår når det er utilstrekkelig mengder med oksygen i rommet, så må det være god tilgang på luft i brannrommet når en brann går til overtenning. En brann med god tilgang på oksygen vokser til overtenning som vist på figur 4. Når en overtenning inntreffer er det som regel på det tidspunktet når røykgassene nærmer seg en temperatur på rundt 600°C og tilbakestrålingen fra røyklaget er på rundt 20 kW/m^2 . Dette fører til at det damper fra alt brennbart materiale i rommet og at det på et tidspunkt antenner som følge av tilbakestrålingen fra røyklaget. Et annet kjennetegn på overtenning er at flammene slår ut av brannrommet, det er altså temperatur som er den utløsende faktor for at en overtenning skal inntreffe.



Figur 4 Brann vekst til Overtenning, eller backdraft.

En backdraft blir ofte kalt en forsinket overtenning, jmfør figur 4. Brannen vokser til et punkt der oksygenivået er for lavt til at det blir fortsatt økning av temperatur i brannrommet, men det blir fortsatt produsert uforbrente branngasser. Ser vi på punkt C i figur 4, der luft blir introdusert i brannen som har pågått med begrenset tilgang på oksygen, så vil brannen vokse raskt når det blir en antenning. Det blir hurtig tilstander som kan minne om en overtenning, altså forsinket overtenning eller backdraft.

Ofta blir en backdraft kalt en branngasseksplasjon, noe som i og for seg ikke er helt feil, da det er branngasser som antenner. Uttrykket branngasseksplasjon slik som det er forstått inntreffer sjelden i selve brannrommet, og det inntreffer uten at en introduserer nye ventilasjonsåpninger. En branngasseksplasjon inntreffer som regel ved at en brann pågår med utilstrekkelig tilgang på oksygen, det blir som ved backdraft dannet uforbrente branngasser. Er ikke brannrommet helt tett vil det kunne lekke uforbrente gasser fra brannrommet og ut i nærliggende rom. De

uforbrente branngassene vil da kunne blande seg med luften i rom som ligger i kontakt med brannrommet. Da det ikke er noen tennkilde i rommet utenfor brannrommet forsetter blandingen og gassene blir blandet slik at de kommer innenfor eksplosjonsgrensene. Oppstår en tennkilde, for eksempel ved at en stikk flamme kommer ut av brannrommet, så kan branngassene som nå har blandet seg med luften i nærliggende rom antenne. Trykkoppbyggingen fra en slik antennelse når det ikke er noen ventilasjonsåpninger kan bli enormt kraftig, det kan føre til at bygningskonstruksjoner blir deformerte og en branngasseksplosjon kan skape store konsekvenser for personer som oppholder seg i bygget. I Brannfysikk av Guttorm Liebe [4] brukes uttrykket branngassantennelse som et ord for backdraft på norsk



Bilde 2 Brann i gamle sjøhuset ved Vico og Røthing på Indre kai i Haugesund 2007. Brannen er fullt overtent og branngasser antenner utenfor bygget og skaper en voldsom ildkule utenfor bygget.

Foto: Tor André Johannessen

2.3. Kjennetegn for å se at en backdraft er i emning

Som nevnt før i denne oppgaven kan backdraft skape plutselige kritiske forhold for personer som oppholder seg i bygningen, spesielt for redningsmannskap. Backdraft kan også få store konsekvenser for videre spredning av brann og røyk i bygget. Det er derfor viktig å kunne lese brannbildet og således kunne forutsi om det er fare for at backdraft kan inntreffe, og hvordan en på en best mulig måte skal angripe en slik situasjon. I dette kapittelet gis det et overblikk over hvilke kjennetegn en nært forestående backdraft kan produsere.

2.3.1 Brannrøykens farge/utseende

Ved å studere brannrøyken som avgis ved forbrenning kan en få informasjon om hvilken type brann en står ovenfor. Det gis her en gjennomgang av hvilke typer røyk som kan være indikasjoner på at en farlig situasjon kan oppstå, for eksempel backdraft.

Brannrøyk ved ufullstendig forbrenning.

Er det en forbrenning som er underventilert og foregår ved lave forbrenningstemperaturer, vil det dannes mye tykk, svart brannrøyk. Desto mer underventilert brannen er, desto mer sot produseres.

Brannrøyk ved fullstendig forbrenning.

Er det god tilgang til luft og det foregår en tilnærmet fullstendig forbrenning så blir det som oftest dannet mindre røyk og røyken er lysere i farge.

Røykens utseende, farge og tykkelse vil også selvsagt avhenge mye av hvilke type materiale som brenner.

Hvit kald brannrøyk, kan komme ifra glødende skumgummi[1].

Hurtig forandring i branngassen fra tykk, svart til gul eller grågul er også fare signal for at backdraft kan inntreffe. Gul branngass kommer ifra salpeter og svovel rike produkter (polymerer)[1].

Det kan gi indikasjoner på hvilken type brann som foregår i et rom ved å undersøke vinduer som er i tilknytting til brannrommet. Er vinduene svarte og nedsotete kan det være fare for at det er en brann som har pågått med utilstrekkelig tilgang på oksygen, det kan således være fare for backdraft.

2.3.2 Pulsering

Ofte kan en se at backdraft er i emning ved at det ser ut som om brannen puster igjennom utettheter rundt dører eller andre utettheter i bygningskroppen. En sier da at brannen pulserer. Dette skjer når brannen avtar som følge av at det er tilgang på lite luft i brannrommet, når brannen avtar vil temperaturen og trykket minske sakte, og dette fører til at luft kan suges inn i rommet. Når brannen pulserer kan det høres en slags "visslende" lyd i åpninger[1].

Når en dør eller annen ventilasjonsåpning blir introdusert til brannrommet hvor det har foregått en forbrenning med begrenset tilgang på oksygen (ventilasjons kontrollert), vil det kunne observeres at branngasser blir dratt tilbake og inn i brannrommet, som følge av at en oksygenrik luftstrøm kommer inn i rommet.

2.3.3 Temperaturer

Før en går inn i et brannrom bør det kjønnnes på dører og vinduer for å anslå hvilken temperatur som kan antas å være i brannrommet. Er det varme dører og vinduer kan det være et tegn på at en brann har pågått lenge, og muligens med begrenset ventilasjon og det kan være fare for backdraft.

2.3.3 Flammens farge

Blå flammer er en indikasjon på forbrenning av karbonmonoksid (CO). Karbonmonoksid blir produsert når det foregår en ufullstendig forbrenning, som jo inntreffer når det er begrenset tilgang på oksygen.

Lys oransje glød eller en ikke synlig brann er kjennetegn på at en brann har foregått i lang tid uten tilstrekkelig oksygen tilgang.

Alle disse kjennetegnene er indikasjoner på at det kan være ideelle forhold for at backdraft kan inntreffe, men backdraft kan også inntreffe uten at noen av disse kjennetegn blir observert. Ingen branner er like og vil således ikke oppføre seg likt og gi et likt brannforløp. Ulik røyk som følge av hva som brenner, hvilken temperatur det oppstår, ulike ventilasjonsåpninger og så videre. Dette er med på å vanskeliggjøre redningsarbeid og fører til at farlige og kritiske situasjoner kan oppstå uansett hvor observant en er på faresignal.

2.4. Oppsummering Teori

Det er i de overstående kapitler gitt en beskrivelse av hvilke parametere som er styrende for at backdraft skal inntreffe og hvilke kjennetegn en backdraft **kan** produsere. For å oppsummere er det fem hovedpunkter som må være tilstede for at det skal kunne inntreffe, og kunne kalles backdraft:

1. Brann må foregå med utilstrekkelig tilgang på oksygen.
2. Det må introduseres en ny ventilasjonsåpning.
3. Branngasser må blandes med innstrømmende luft og nå eksplosjonsgrenser.
4. Det må eksistere en antennelseskilde, altså må ikke brannen ha dødd helt ut.
5. Branngassene antenner og det skjer en hurtig deflagrasjon igjennom brannrommet og ut åpning, det blir dannet en ildkule.

Kommentar til punkt 4: I sjeldne tilfeller kan antennelse skje selv om brann har dødd ut. Det vil da være en selvantennelse av branngasser og inntreffe når ventilasjonsåpning blir introdusert. Branngassene må da ha temperaturer på rundt 500-600 °C

Disse punktene er viktige å legge til grunn og ha i tankene når det videre i de neste kapitler blir gjennomgått simuleringer av backdraft ved hjelp av dataprogrammer.

Det er også blitt gitt en del kjennetegn en nært forestående backdraft **kan** produsere. Det er viktig å presisere at disse kjennetegnene kan variere fra brann til brann, og det er ikke gitt at en brann som går til backdraft vil produsere de kjennetegn som er nevnt. Men de er observert ved flere tilfeller der en brann har utviklet seg til backdraft. Noen av de kjennetegn som er blitt nevnt og som vurderes som de "sikreste" tegn på at backdraft er i emning er:

- Brann som foregår med utilstrekkelig tilgang til oksygen, vil som regel produsere tykk svart brannrøyk.
- Brannrøyk som raskt skifter farge og type fra tykk svart til lysere og gulaktig farge.
- Pulsering ut av utettheter i bygningskroppen, i sprekker under dør og lignende, er et tegn på at brannen foregår uten tilstrekkelig tilgang på oksygen, og det kan være stor fare for backdraft.

Det er gitt en forklaring på forskjellene imellom backdraft, overtenning, og branngasseksplasjon. For å oppsummere er det temperatur som er den utløsende faktor for at en overtenning skal inntreffe. Når temperaturen i røykgasslaget blir opp imot 500-600 °C

inntreffer som regel overtenning. Den utløsende faktoren for backdraft er introdusering av en ny ventilasjonsåpning. Dette fører til at de uforbrente branngassene som er dannet blir blandet med den innkommende luften og når eksplosjonsgrenser. Branngasseksplasjon inntreffer sjelden i brannrommet, som er tilfelle for backdraft. Branngasseksplasjon skjer som regel i rom i tilknytning til brannrommet, ved at det lekker ut uforbrente branngasser som blir blandet med luften i de omliggende rom og kan antenne som følge av stikkflamme fra brannrommet.

Det vil videre i de neste kapitlene bli gått igjennom utførte simuleringer av backdraft ved hjelp av dataprogrammer. Det er blitt simulert brann i et avgrenset rom, backdraftcontainer (se kapittel 5.1), hvor en brann får utvikle seg med utilstrekkelig tilgang på oksygen. Det er blitt vurdert hvilken effekt åpning på ulike tidspunkt vil ha på grad av styrke på backdraft. Det har blitt sett på hvilket trykk og temperaturer som blir bygget opp inne i brannrommet. Det blir også sett på temperaturer utenfor brannrommet skapt av ildkulen som slår ut av brannrommet. Ulike typer branner er simulert. Det er simulert hvilken effekt det vil ha på backdraft om en har en container som ikke er helt tett.

Det blir også i neste kapittel presentert en aktuell hendelse hvor det inntraff en backdraft i brannforløpet. Denne hendelsen skjedde på Sveio omsorgssenter og backdraft hendelsen var direkte medvirkende til at brannen spredde seg så raskt som den gjorde og førte til at to pasienter omkom.

3. Hendelse

Backdraft er et fenomen som kan forårsake store konsekvenser. I dette kapitlet er det beskrevet en hendelse hvor en backdraft inntraff, nemlig brannen i Sveio Omsorgsenter 9.juni 2007. Denne hendelsen ble valgt fordi den er lokalt tilknyttet ettersom den inntraff i Sveio, nabokommunen til Haugesund, og er av nyere dato. Brannen krevde to menneskeliv og gjorde et sterkt inntrykk i lokalsamfunnet.

Det er blitt vurdert ut ifra rapport fra DSB og samtale med redningsmannskap som var med på å slukke brannen, hvilke parametere som var tilstede under denne brannen. Det blir sett på hvordan det kunne oppstå backdraft i denne hendelsen og hvilke kjennetegn en kan trekke opp mot teorien.

3.1 Brannen i Sveio Omsorgsenter

Kl 01:59 den 9.juni 2007 ble det detektert et forvarsel fra en optisk røykvarsler på et lintøyrom i avdelingen for senil demente i Sveio Omsorgsenteret. Deteksjonen ble vist på brannsentralen og fire ansatte som var på vakt startet søk etter brann i det gitte området. Grunnet at rommet var kjent under et annet navn gikk det opptil tre minutter før døren inn til rommet ble åpnet for å se om det brant. En ansatt så at det var mye røyk i rommet og så også en pulserende flamme i hjørnet der det stod et lite kjøleskap. Den ansatte vurderte raskt at de ikke hadde mulighet til å slokke brannen selv og lukket døren. Dette var instruks fra brannopplæring om å hindre brannspredning. En annen ansatt ringte 110-sentralen og meldte fra om brann. Noen sekunder etter at døren ble lukket ble døren med karm som slo innover i rommet, blåst ut. Dette førte til at varm røyk kunne spre seg ut i korridoren og det førte til overtenning i løpet av få minutter. De ansatte klarte å redde ut fire pasienter før forholdene i korridoren ble uutholdelige. Første mann fra brannvesenet kom tre minutter etter at brannen ble meldt til 110-sentralen og reddet ut en pasient. To pasienter omkom i brannen.

Brannen i Sveio Omsorgsenter 9. juni 2007 utviklet seg til å bli en dødsbrann som følge av fenomenet backdraft. Brannen startet i et kjøleskap på et lintøyrom. Rommet er lite og har ikke vinduer. Det er et ventilasjonsanlegg i alle rommene i avdelingen men det var slått av om natten. Dette førte til at brannen hadde begrenset tilgang på luft og ble raskt ventilasjonsstyr. Det ble da produsert uforbrente branngasser som samlet seg opp i rommet. Da døren ble åpnet ble det tilført oksygen til de uforbrente gassene og det skapte en brennbar blanding. Blandingen ble antent og det førte til en meget rask temperaturøkning og derav trykkøkning. Dette fenomenet kalles backdraft. Døren som ble blåst opp med karm var merket "B30". En slik dør skal holde et trykk på 20-30 mbar. En forenklet omregning gir et trykk på 200-300 kg/m²[11] i rommet da døra ble blåst ut. Backdraft inntraff maksimalt tre minutter etter at brannen ble detektert. Kun et par minutter etter var rommet og korridoren overtent og rømningsforholdene uutholdelige. Som følge av backdraft skjedde brannutvikling og brannspredning ekstremt hurtig.

3.2 Hendelse vurdert opp mot teori

Hovedårsaken til at det ble en backdraft i rommet er at døren ble åpnet. Rommet hadde ikke vindu og ventilasjonsanlegget var slått av, dermed var rommet tett. Uforbrente gasser fra den ventilasjonsstyrte brannen fylte rommet. Da døren ble åpnet kom det luft inn til de uforbrente gassene og blandingen mellom dem nådde nedre eksplosjonsgrense. Denne blandingen kom i kontakt med brannen og ble antent. Dermed var backdraft et faktum.

Lintøyrommet der brannen startet var bygd etter forskriftene og skulle hindre en brann fra å spre seg i minst 30 minutter. Allikevel var rommet overtent få minutter etter at brannen ble detektert. Hvordan kunne dette skjer?

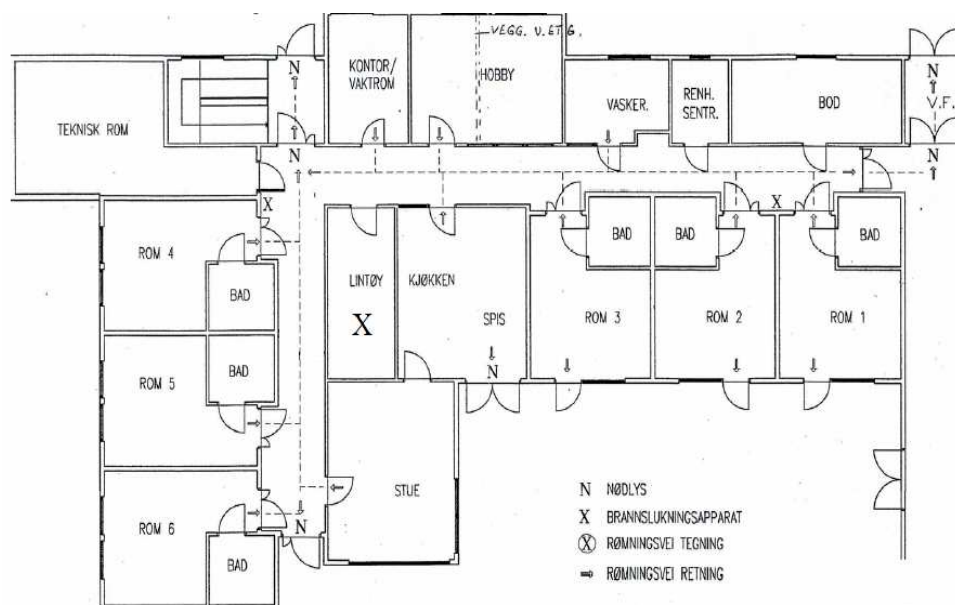
Rommet var tett så viss døren ikke hadde blitt åpnet så ville brannen etter all sannsynlighet ha dødd ut av seg selv. En liten stund etter at døren ble åpnet ble det lukket igjen. Hvor lang tid det er snakk om er uvisst, men det blir omtalt som noen sekunder. Da ble rommet tett igjen. Blandingen mellom uforbrente gasser og luft ble nå antent og skapte backdraft. Eksplosjonen blåste opp døren og det kom mer luft inn. Alt brennbart i rommet tok nå fyr og det ble overtent. Varm røyk spredde brannen til korridor som fort ble overtent.

Hva ville skjedd dersom døren ikke hadde blitt lukket igjen etter at den ble åpnet?

Dersom døren hadde blitt stående åpen ville trykkøkningen som følge av backdraft blåst ut i korridoren. Trykkbølgen ville vært som en ildkule med veldig høy temperatur. Dette ville vært dødelig for de personene som oppholdt seg i korridoren. Det ville mest sannsynlig ha omkommet flere personer hvis døren hadde blitt stående åpen.

Hva ville skjedd hvis døren hadde blitt åpnet tidligere?

Hvis døren hadde blitt åpnet før rommet ble fylt med uforbrente gasser ville det aldri oppstått en backdraft. Brannen hadde ikke vært ventilasjonsstyrt men hadde kunnet utvikle seg som en normal brann. Størrelsen på brannen da døren ble åpnet ville nok vært så liten at de ansatte hadde klart å slukke den selv.



Figur 5 Viser avdelingen av Sveio Omsorgssenter som ble rammet av brann. Brannen startet og utviklet seg til en backdraft i rommet "Lintøy", her merket X. [11]

4. Beregningsverktøy

I denne oppgaven er det brukt to forskjellige simuleringsprogram, CFAST og FDS. Begge programmene er utviklet av National Institute of Standards and Technology, NIST. NIST er et amerikansk institutt som er verdensledende innen teknologi og vitenskap. I dette kapitlet gis en kort beskrivelse av de to dataverktøyene. Det er viktig å ha litt innsikt i hvordan programmene er bygd opp og hvordan de fungerer. Simuleringsprogrammer brukes ofte under branntekniske prosjekteringer til å analysere og teste løsninger som ikke er preaksepterte. De kan også brukes til å oppdage mulige uønskede hendelser, som f.eks backdraft, eller til å få innblikk i hvordan et brannforløp har opptrådt. Det kan være til stor hjelp i en brannetterforskning. For mer utfyllende informasjon om disse programmene henvises det til brukermanualene for de to programmene [8], [9].

4.1 CFAST

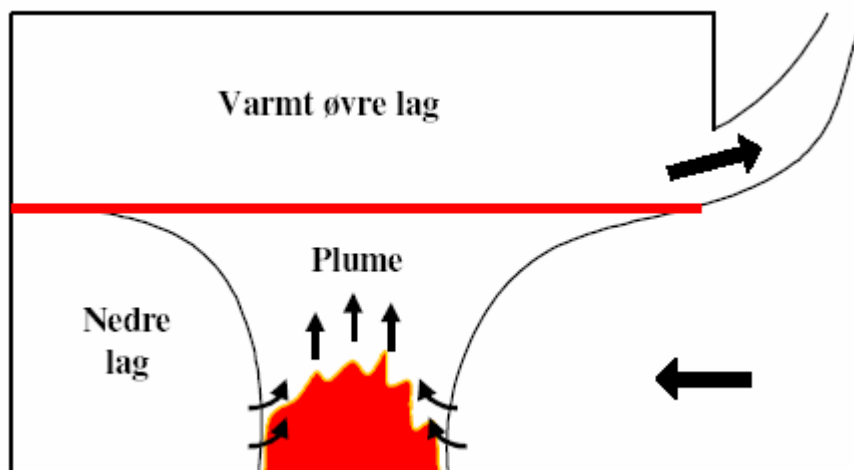
CFAST er et simuleringsprogram som er brukt i denne rapporten. Programmet beregner forventet brannforløp ut ifra hvilke forutsetninger som blir lagt inn. CFAST er en 2-sone modell. Det vil si at den deler et rom inn i to avskilte volum, øvre sone og nedre sone (se figur 6). Øvre sone er det varme røyklaget. Programmet antar at det er samme temperatur og gasskonsentrasjon i hele sonen. Den nedre sonen består av kald luft.

CFAST beregner forhold som temperatur, trykk og røyklagshøyde ut ifra termodynamiske likninger om massebalanse og energibalanse, den ideelle gassloven og lignende likninger. Resultatene simuleres som en 3D- framvisning i tilleggsprogrammet Smokeview. Smokeview gir en enkel visning av brannforløpet der en kan få vist temperatur eller strømminger i forskjellige farger. Resultatene fra CFAST kan også overføres til Excel der en kan få ut grafer over temperatur eller andre data.

Romgeometrien må være kubeformet i CFAST. Hvis ikke rommet som skal simuleres er kubeformet må dimensjonene forandres uten at volum eller veggareal forandres. En må selv velge hva slags brann og branneffekt som skal være med i beregningen. Brannen og branneffekten er den viktigste inndataen og den som betyr mest for resultatet av beregningen. Det kan være vanskelig å vite hva slags brann en skal velge.

Fordeler med CFAST er at programmet er brukervennlig. Det er et oversiklig brukergrensesnitt der en fyller ut inndata og det er også mange scenarioer og branntekniske innstillinger å velge mellom. Dette bidrar til at programmet er enkelt å bruke. CFAST bruker kort tid på å simulere og det er en stor fordel i forhold til mer avanserte programmer. Da kan det simuleres mange ulike scenarioer.

Ulemper med CFAST er at temperaturen er konstant i hele røyklaget og at det krever en kubeformet geometri. Dette fører til at programmet ikke egner seg i mange settinger.



Figur 6 Viser 2-sone antagelser i CFAST.

4.2 FDS

I denne rapporten er det brukt simuleringsprogrammet Fire Dynamics Simulator (FDS). FDS er en Computational Fluid Dynamics (CFD) modell som beregner brannforløp, røyk og flammespredning, ut ifra mange kontrollvolum. Kontrollvolumene er små celler et rom deles inn i. Cellene bør være kubeformet. Forhold som forandringer i temperatur og energi beregnes i hver celle, ut ifra termodynamiske likninger om massebalanse og energibalanse, den ideelle gassloven og lignende likninger. Jo flere celler en har, jo mer detaljert blir simuleringen. FDS tar hensyn både til turbulens, strømninger og forbrenning.

CFD består av tre deler. Den første delen er å legge inn alt en vil ha med i simuleringen i form av kommandoer. Romgeometri, type brann, termoelement, tid og lignende har egne kommandoer som en kan finne i programmets manual. Det finnes tilleggsprogrammer som forenkler arbeidet med å legge inn inndata. Disse programmene koster penger og har derfor ikke blitt brukt i denne oppgaven. Når inndata er lagt inn blir disse kodene behandlet i en "solver". I dette tilfelle er det FDS. Her beregnes brannforløpet i jevne tidsstrinn. Det kan være tidskrevende alt etter hvor kraftig datamaskinen har. Det er vanlig at en detaljert simulering kan ta flere dager. Til slutt kan beregningene åpnes i Smokeview som gir en 3D-framvisning av brannforløpet. En kan få ut mange forskjellige utdata alt etter hvilke kommandoer du legger til i del én.

CFD modellering krever faglige kunnskaper om brann. Det kan være vanskelig å velge rett brann og branneffekt og det er de inndata som har mest betydning. Det er viktig å være kritisk til resultatene en får og ikke la seg lure av fancy utdata.

Fordeler med FDS er at programmet kan brukes til å simulere de aller fleste scenarioer og gir en detaljert framvisning av brannforløp. Dette gjør FDS til et mye brukt program innen brannteknisk prosjektering.

Ulemper med FDS er at det er komplisert å programmere inndata og det krever en del kunnskaper innen brann. Dette gjør programmet lite brukervennlig. En annen ulempe er at simuleringer i FDS er svært tidkrevende.



```
Fire Dynamics Simulator
Compilation Date : Tue, 08 Jan 2008
Version : 5.1.0 Serial
SUN Revision No. : 1162

Job TITLE : Container18
Job ID string : Container18

Time Step: 1, Simulation Time: 0.07 s
Time Step: 2, Simulation Time: 0.14 s
Time Step: 3, Simulation Time: 0.22 s
Time Step: 4, Simulation Time: 0.29 s
Time Step: 5, Simulation Time: 0.36 s
Time Step: 6, Simulation Time: 0.43 s
Time Step: 7, Simulation Time: 0.51 s
Time Step: 8, Simulation Time: 0.56 s
Time Step: 9, Simulation Time: 0.60 s
Time Step: 10, Simulation Time: 0.63 s
Time Step: 20, Simulation Time: 0.83 s
Time Step: 30, Simulation Time: 0.96 s
Time Step: 40, Simulation Time: 1.06 s
Time Step: 50, Simulation Time: 1.16 s
Time Step: 60, Simulation Time: 1.27 s
```

Bilde 3 Viser FDS mens den simulerer.

5 Simulering av backdraft

Hovedvekten i denne rapport ligger i å simulere en setting der det oppstår en backdraft. Det er i de gjennomførte simuleringene endret på ulike inndata og forutsetninger, for å se på i hvilken grad de vil påvirke backdraft. Vil det bli kraftigere backdraft (større ildkule, høyere temperaturer og så videre) eller vil det føre til at det ikke blir utviklet en backdraft?

Grunnen til at det er blitt gjort simuleringer og ikke forsøk, er at det er vanskelig å gjennomføre backdraftforsøk i praksis. Som nevnt i teorien er det mange parametere som inngår for å få dannet en backdraft og det vil kreve mange forsøk. Praktiske forsøk må rigges til og må planlegges nøye og gjennomføres med tanke på sikkerhet. Det ville blitt veldig tidkrevende og vanskelig å gjennomføre. Derfor er det istedenfor gjort forsøk ved hjelp av simulering. Da ble det mulighet for å gjøre flere beregninger og teste flere parametere, for å se på deres innvirkning på backdraft.

Det ble først gjennomført simuleringer som hadde til hensikt å skape en backdraft, for så å prøve å endre på ulike parametere for å se hvordan dette virker inn på den grad at det oppstår en backdraft, og hvilken styrke backdraft får.

Det er brukt to simuleringsprogrammer i arbeidet med å gjennomføre denne rapporten, CFAST og FDS. Det er gitt en beskrivelse av disse dataverktøyene i kapittel 4. FDS er et avansert program som krever mye tid til å utføre simuleringer. Derfor ble det avgjort å først gjøre små og enkle simuleringsforsøk i CFAST som er mye raskere. Så ble det gjort samme forsøk i FDS. Det blir også gjort en vurdering av programmenes evne til å kunne simulere en backdraft.

5.1 Backdraftcontainer

Forsøkene i denne rapporten er simuleringer av en backdraftcontainer. Containeren er lik den som er brukt til å utføre backdraftforsøk ved Lund universitet i Sverige [10]. Containeren er en standard shippingcontainer med målene 5,5m lang, 2,2m bred og 2,2m høy. Den har en åpning på den ene kortsiden som er 2,2m bred og 0,8m høy og er plassert midt på veggen. Åpningen er lukket i starten av forsøkene og blir åpnet etter ønsket tid. I forsøkene på Lund er det innerst i containeren på motsatt side av åpningen plassert en gassbrenner. Forsøket utføres ved at gassbrenneren blir tent med en tennkilde og så blir åpningen lukket med en luke. Etter en stund er alt oksygenet inni containeren brukt opp og gassbrenneren slukker, men den fortsetter å slippe ut gass. Dermed blir containeren fylt med uforbrent gass. Etter ønsket tid blir tennkilden tent og luken åpnet slik at luft strømmer inn i containeren. Luften blander seg med den uforbrente gassen og danner en brennbar blanding. Når denne blandingen når tennkilden antennes den og skaper en rask temperaturøkning og volumøkning som presser uforbrent gass ut gjennom åpningen. Resultatet blir en ildkule som blir skutt ut av åpningen. En backdraft.



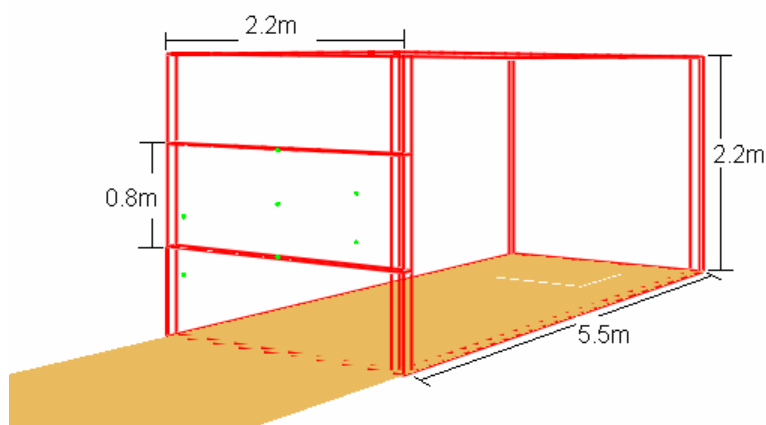
Bilde 4 Container hvor det blir utført backdraftforsøk ved Lund Universitet. [10]

5.1.1 Geometrisk utforming av container, samt plassering av måleinstrument

Figur 7 viser mål på container som er simulert i CFAST og FDS. Det er samme mål som backdraft container som er nyttet i backdraft forsøk på universitetet i Lund [10].

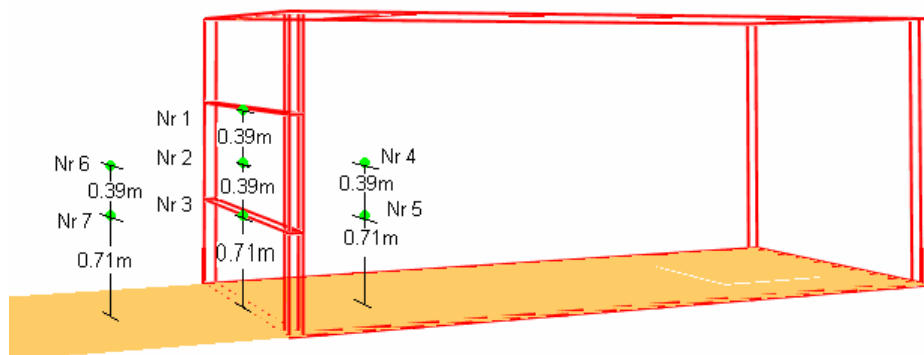
Høyde: 2.2m
Bredde: 2.2m
Lengde: 5.5m

Åpning:
Høyde: 0.8m
Bredde: 2.2m

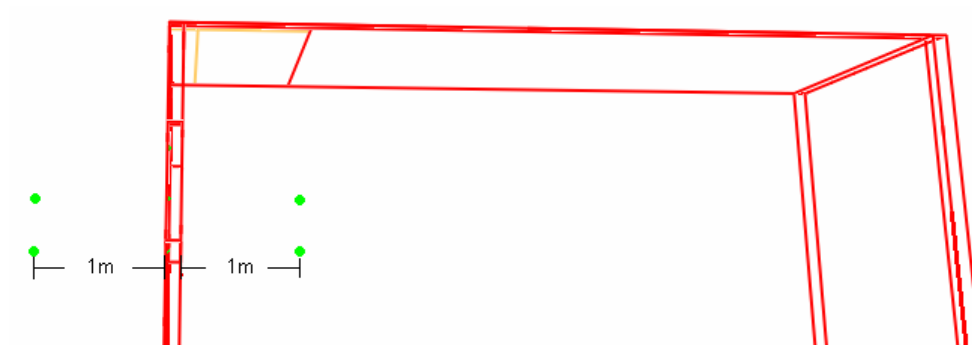


Figur 7 Backdraft container med mål.

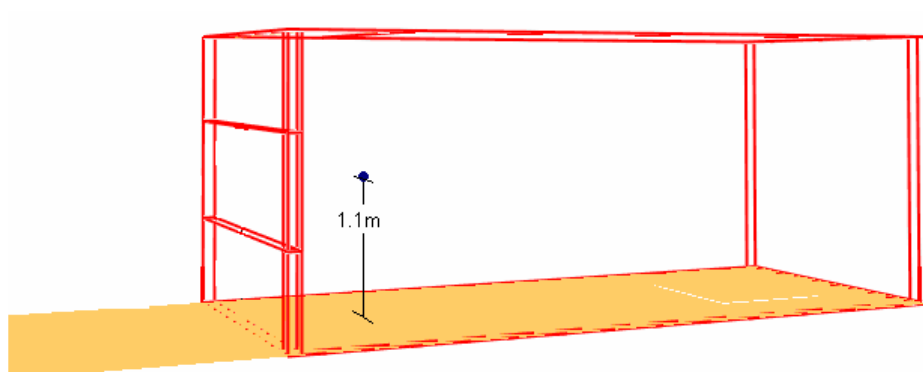
Måleinstrument: Det er lagt inn 7 termoelement og en trykk måler, som logger temperaturen og trykk igjennom hele simuleringstiden. Plassering av termoelement vises på figur 8 og 9 under, plassering av trykkmåler vises på figur 10 og 11.



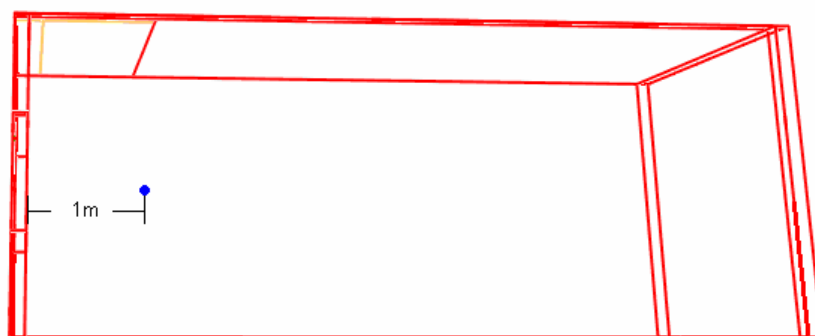
Figur 8 Plassering av termoelement.



Figur 9 Plassering av termoelement.



Figur 10 Plassering av trykkmåler.



Figur 11 Plassering av trykkmåler.

5.2 Oversikt simuleringer

Det vil i de neste delkapitlene bli gått igjennom en del av de simuleringer som er utført i de to simuleringsprogrammene CFAST og FDS. Det er ikke tatt med alle simuleringer som er blitt utført i arbeidet med denne rapporten, men de simuleringene som er blitt vurdert som mest relevante. Det er gjennomført cirka 40 ulike simuleringer, det ville blitt et enormt arbeid å skrive om hver enkelt simulering, og det er i de fleste simuleringer bare endret på noen få inndata for å komme fram til ønsket setting som skulle simuleres. Det er vurdert at det ville være av liten interesse for leseren å få presentert alle simuleringer.

Det vil kort bli gitt de viktigste opplysningene om inndata og observasjoner som ble gjort i de ulike simuleringene. I kapittel 6 og 7 vil resultatene og diskusjon rundt simuleringene bli gitt. For en fullstendig gjennomgang av inndata til hvert enkelt forsøk, vises det til vedlegg som hører til simuleringene.

I tabell 1 under gis en oversikt over simuleringer som er med i denne rapporten.

Simulering nr	Program	Formål	Vedlegg
1	CFAST	Undersøke når brannen dør ut av oksygenmangel i containeren.	B
2	CFAST	Simulere en backdraft.	B
3	FDS	Simulere en backdraft	C
4	FDS	Prøve å få inn mer luft til åpningen når den blir åpnet, og undersøke om det vil bli en mer markant backdraft på grunn av dette.	D
5	FDS	Simulere en backdraft med forskjellig type brann. Vurdere hvilken effekt dette har på backdraft.	E
6	FDS	Tester forskjellige åpningstider for å vurdere hvilken effekt dette har på backdraft.	F
7	FDS	Simulere container som ikke er tett. Det er lagt inn lekkasje på 2 x 10cm hull. Vurdere hvilken effekt dette har på backdraft.	G

Tabell 1 Oversikt over simuleringer.

5.3 Simuleringer

Her blir det gått igjennom de viktigste inndata og observasjoner som er blitt gjort ved de forskjellige simuleringene. For en fullstendig gjennomgang av inndata til hvert enkelt forsøk, vises det til vedlegg som hører til simuleringene

5.3.1 Simulering 1

Program

CFAST

Formål

Undersøke når brannen dør ut av oksygenmangel i containeren.

Inndata

Geometri: Containeren uten åpningen.

Brann: Brenner med konstant effekt på 600kW.

Simuleringstid: 900s

Kommentar

Containeren ble fylt med røyk og brannen ble raskt ventilasjonsstyrt, og tilslutt døde den ut. Overførte utdata til Excel og lagde grafer. De viste at brannen ble ventilasjonsstyrt etter 84s og døde helt ut etter 528s.

5.3.2 Simulering 2

Program

CFAST

Formål

Simulere en backdraft.

Inndata

Geometri: Containeren med åpning

Brann: Brenner med konstant effekt på 600kW.

Simuleringstid: 900s

Åpningstid: 600s

Kommentar

Containeren fylte seg med røyk og brannen døde ut. Da åpningen ble åpnet startet brannen igjen og temperaturen økte raskt. Det er ikke mulig å se av visningen i Smokeview om det er flammer eller røyk som står ut av åpningen.

5.3.3 Simulering 3**Program**

FDS

Formål

Simulere en backdraft

Inndata

Geometri: Containeren med 2m observasjonsområde foran åpningen.

Cellestørrelse: 10cm celler

Brann: Brenner med konstant effekt på 600kW

Simuleringstid: 80s

Åpningstid: 50s

Kommentar

Containeren ble fylt av røyk og brannen døde ut etter 44s. Da luka ble åpnet tok de uforbrente gassene fyr og brant seg innover, mens flammer strakk seg ut av åpningen.

5.3.4 Simulering 4**Program**

FDS

Formål

Formålet med dette forsøket var å prøve å få inn mer luft til åpningen når den blir åpnet, og undersøke om det vil bli en mer markant backdraft på grunn av dette.

Inndata

Geometri: Containeren med åpning

Brann: Brenner med konstant effekt på 600kW. Brannens plassering er 4meter inn i containeren.

Simuleringstid: 70s

Åpningstid: 50s

Måleinstrument: Det er lagt inn termoelement som vist i kapittel 5.1.1

Kommentar

Containeren blir relativt raskt fullt av røyk og etter 43 sekunder slukker brannen som følge av at det er for lite tilgang på oksygen i containeren. Etter 50 sekunder åpnes luken i fremre kortside. Det skjer da en umiddelbar antennelse i åpningen, og en ildkule kommer ut av åpningen

5.3.5 Simulering 5

Program

FDS

Formål

Simulere en backdraft. For å unngå at de uforbrente gassene skulle ta fyr i åpningen ble det testet med at det brant i en stol istedenfor en brenner.

Inndata

Geometri: Containeren med stort observasjonsområde foran åpningen.

Cellestørrelse: 10cm celler

Brann: Brenner med konstant effekt på 600kW. Blir slått av etter 10s.

Simuleringstid: 80s

Åpningstid: 50s

Måleinstrumenter: Termoelementer og trykkmåler som anvist på figurer i kapittel 5.1.1

Elementer: Stol som "svever" over brenneren. Blir fjernet etter 45s.

Kommentar

Brenneren antente stolen og den brente en stund før den døde ut. Da luka ble åpnet etter 50s resulterte det i at en stor ildkule ble skutt ut av åpningen, en backdraft. Antennelsen skjedde i åpningen slik den har gjort det i de andre forsøkene.

5.3.6 Simulering 6

Program

FDS

Formål

Tester forskjellige åpningstider for å se hvordan det påvirker størrelse på backdraft.

Inndata

Geometri: Containeren med stort observasjonsområde foran åpningen.

Cellestørrelse: 10cm i containeren og 20cm på observasjonsområdet

Brann: Brenner med konstant effekt på 600kW. Blir slått av etter 10s.

Simuleringstid: 15s-30s mer enn åpningstiden

Åpningstid: 10s, 50s, 100s, 150s og 200s

Måleinstrumenter: Termoelementer og trykkmåler som anvist på figurer i kapittel 5.1.1

Elementer: Stol som "svever" over brenneren.

Kommentar

Det oppstod backdraft i alle forsøkene. Størrelsen på ildkulen varierte noe.

5.3.7 Simulering 7

Program

FDS

Formål

Simulere container som ikke er tett. Det er lagt inn lekkasje på 2 x 10cm hull. Vurdere hvilken effekt dette har på backdraft.

Inndata

Geometri: Containeren med åpning. Det er også lagt inn lekkasje areal i den fremre kortveggen, der det er to hull på 10 x 10cm.

Brann: Brenner med konstant effekt på 600kW. Brenner blir slått av etter 10 sekunder. Er lagt inn en stol som antennes av brenner. Brannens plassering er 4meter inn i containeren.

Simuleringstid: 75s

Åpningstid: 50s

Kommentar

Det brenner lenge i lekkasje åpningen, avtar etter rundt 45 sekunder. Etter 50 sekunder åpnes luken i fremre kortside. Det skjer da en umiddelbar antennelse i åpningen, flammen slår ut av container, men det blir ikke dannet en ildkule.

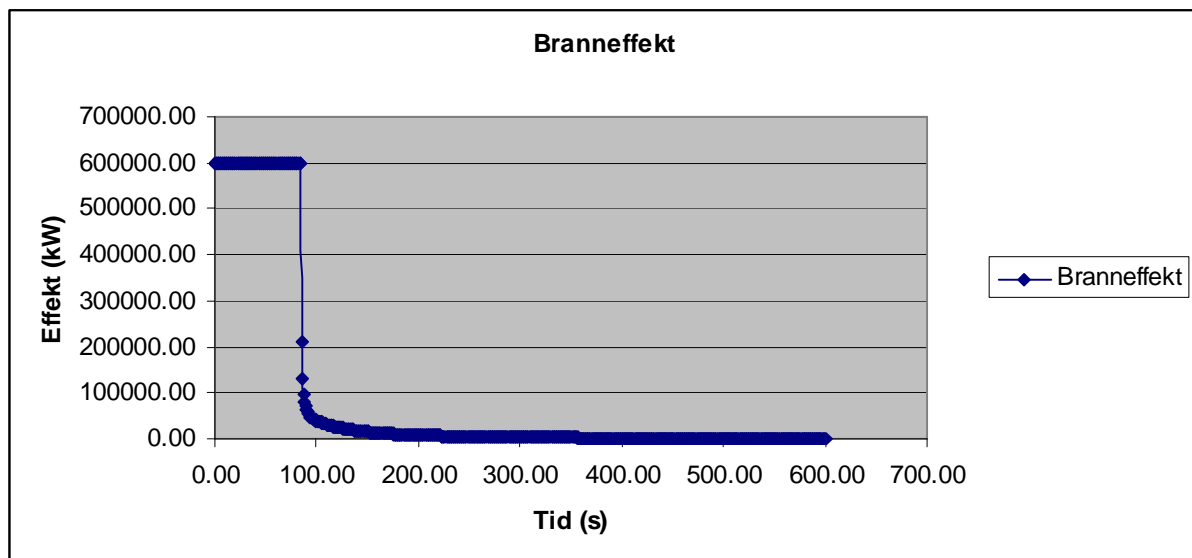
6 Resultat

Det vil i dette kapittelet bli gått igjennom resultat som fremkom under de ulike simuleringene. Det vil bli presentert med bilder ifra Smokeview, samt grafer tatt ut i fra Excel. Det vil først bli gått igjennom resultat fra hvert enkelt forsøk, i samme rekkefølge som i kapittel 6. Det er også satt sammen resultat fra de forskjellige simuleringene i grafer for enklere å kunne sammenligne resultatene. For fullstendige grafer og utdata for hver enkel simulering henvises det til vedlegg for den aktuelle simuleringen. I forbindelse med simuleringene er det vurdert at når det oppstår en ildkule som slår ut av containeren, er det inntruffet en backdraft.

6.1 Resultat simulering 1

Utvikling før åpning

Containeren ble fylt med røyk og brannen ble raskt ventilasjonsstyrt, og tilslutt døde den ut. Overførte utdata til Excel og lagde en graf av utviklingen av branneffekt (Graf 1). Ser at effekten er stabil før den plutselig synker raskt. Det viser at brannen er blitt ventilasjonsstyrt, og det skjer etter 84s. Effekten går aldri helt ned til null men blir stående på 0.39kW fra 528s og ut. Men i praksis har brannen død ut.



Graf 1 Viser utvikling i branneffekt i simulering 1.

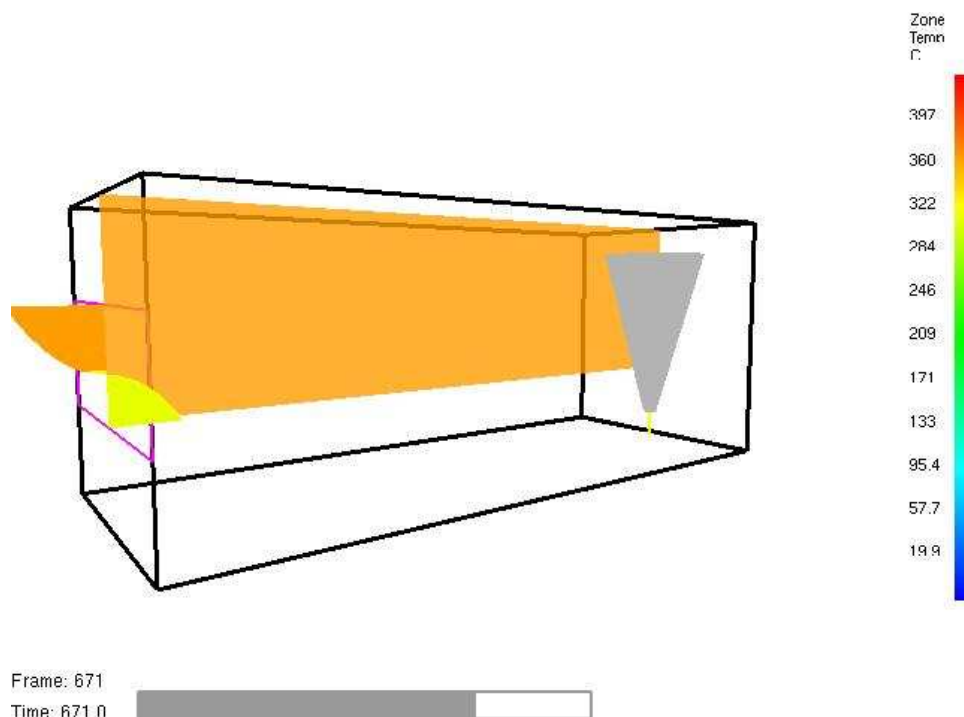
6.2 Resultat simulering 2

Utvikling før åpning

Containeren ble fylt med røyk og brannen døde ut. Temperaturen like før åpning var 67°C.

Utvikling etter åpning

Etter 600s åpnet luka og da steg temperaturen i røyklaget raskt, samtidig som brannen antente og steg til full effekt. Fremvisningen i Smokeview viste at det var høy temperatur ut av åpningen, men det er ingen informasjon om det er flammer eller bare varm røyk. Det er derfor umulig å fastsette om det ble dannet en backdraft.

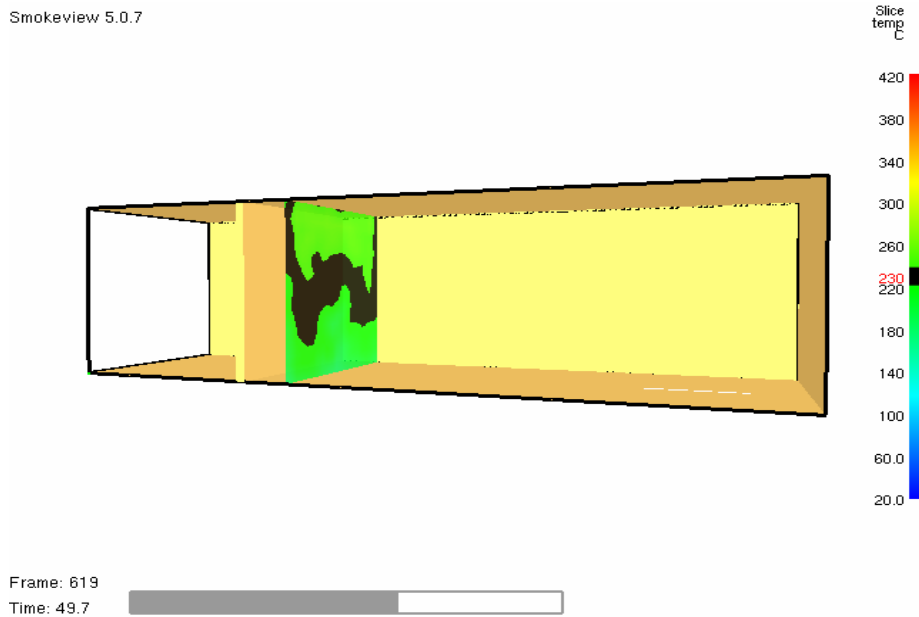


Figur 12 Fremvisning av simulering 2 i Smokeview.

6.3 Resultat simulering 3

Utvikling før åpning

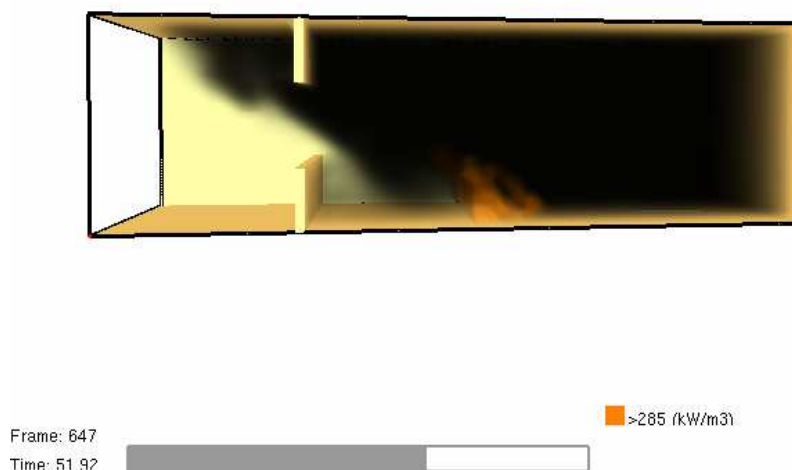
Forsøket utviklet seg ved at brannen ble startet i den lukka containeren som fort ble fylt av røyk. Etter 44 sekunder dør brannen helt ut av mangel på oksygen. Temperaturen like før åpning var ca 230°C (se figur 13).



Figur 13 Viser temperatur i containeren like før åpning.

Utvikling etter åpning

Luka åpnet etter 50 sekunder og da veltet det ut røyk øverst i luka, mens luft ble sugd inn nederst. De uforbrente gassene som var samlet opp i containeren ble antent og brant seg innover, men flammer strakk seg og ut av åpningen. Det kom ingen ildkule og dermed oppnådde ikke forsøket backdraft. Ca 13 sekunder etter at luka ble åpnet stabiliserte brannen seg og brant med konstant effekt.



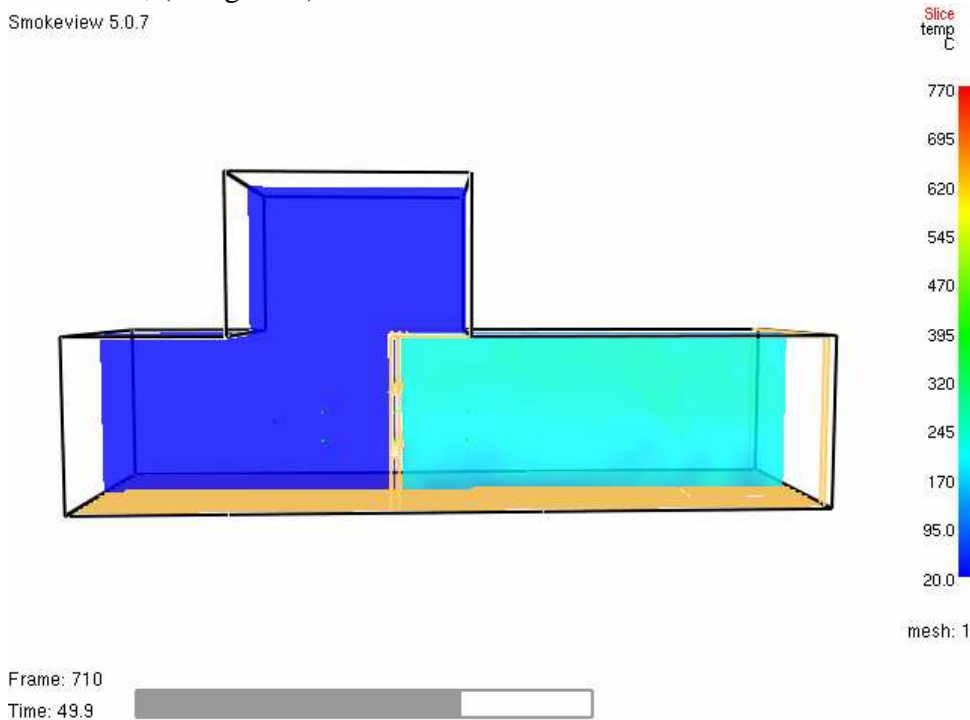
Figur 14 Simulering 1 med container i FDS

6.4. Resultat simulering 4

Utvikling før åpning

Containeren fyller seg raskt med røyk, allerede etter rundt 30 sekunder har røyklaget nådd gulvnivå og røyken begynner å bli tykk. Etter 43 sekunder slukker brannen som følge av at det er for lite tilgang på oksygen i containeren.

Rett før åpning av luke i fremre kortvegg, ligger temperaturene inne i containeren på rundt 200 °C, (se figur 15).

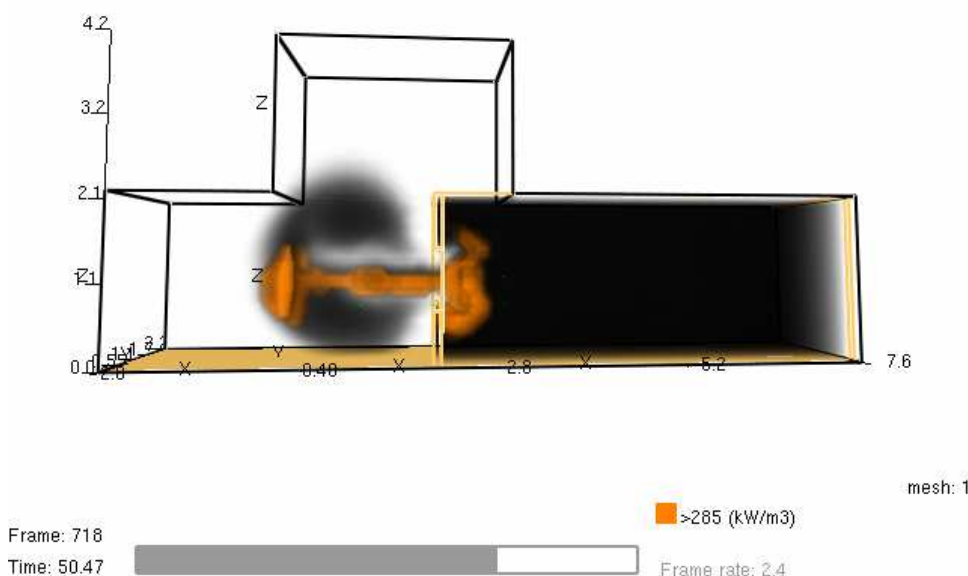


Figur 15 Temperatur inne i container like før introdusering av ventilasjonsåpning.

Utvikling etter åpning

Når luken i fremre kortvegg blir åpnet etter 50 sekunder, blir det umiddelbart en antennelse i åpningen og det skapes en ildkule som slår ut av containeren. Ildkulen som slår ut fra containeren, strekker seg cirka 2.5meter ut fra åpningen, (se figur 16). Videre i simuleringen brenner den antente gassblandingen seg innover i containeren. Etter cirka 15 sekunder stabiliserer brannen seg og brenner med konstant effekt.

Smokeyview 5.0.7



**Figur 16 Bilde fra simulering av backdraft container i forsøk 2
0.47sek etter åpning av ventilasjons åpning.**

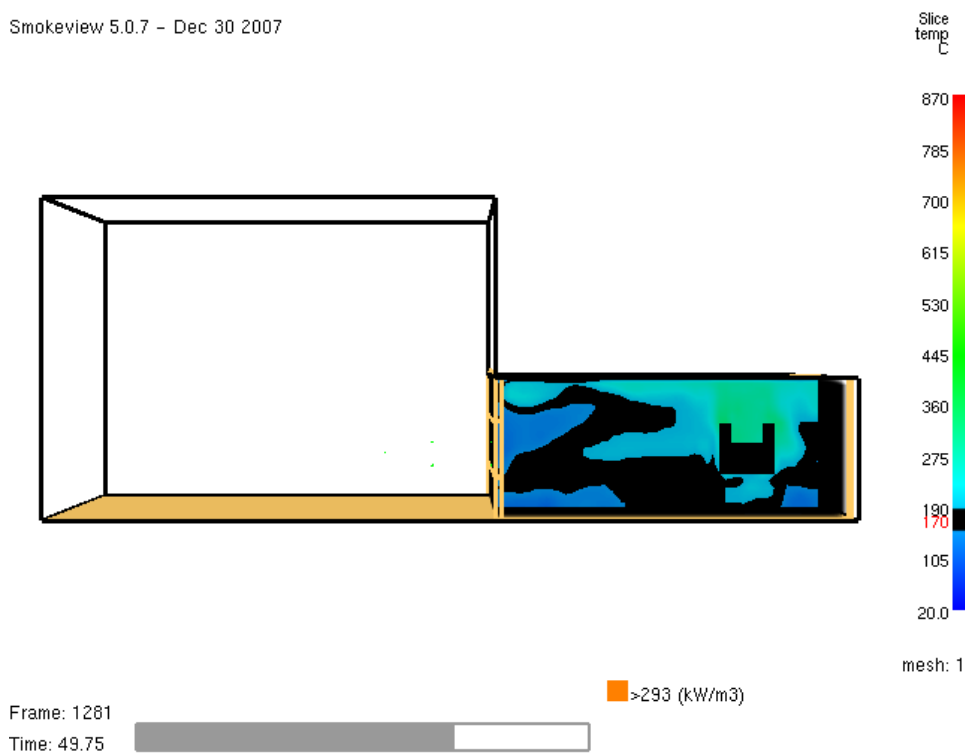
Det som blir observert på figur 16 kan minne om backdraft, ved at det blir dannet en ildkule når en ny ventilasjonsåpning blir introdusert, men ifølge teorien skulle det tatt noe tid før denne ildkulen ble dannet. Brannen er også slukket idet det blir introdusert en ny ventilasjonsåpning og det eksisterer da ingen tennkilde, og ifølge teorien burde det ikke ha oppstått en antennelse. Dette vil bli diskutert videre i kapittel 7.

6.5 Resultat simulering 5

Utvikling før åpning

Brenneren antente raskt stolen og så ble den slukket etter 10s. Stolen fortsatte å brenne og containeren ble fylt med røyk. Etter en stund sluttet det å brenne i stolen men det ble fortsatt produsert gass. Brannen i stolen hadde da gått over til å bli en ulmebrann som produserer uforbrente gasser. Temperaturen like før åpning var ca 170°C.

Smokeyview 5.0.7 - Dec 30 2007

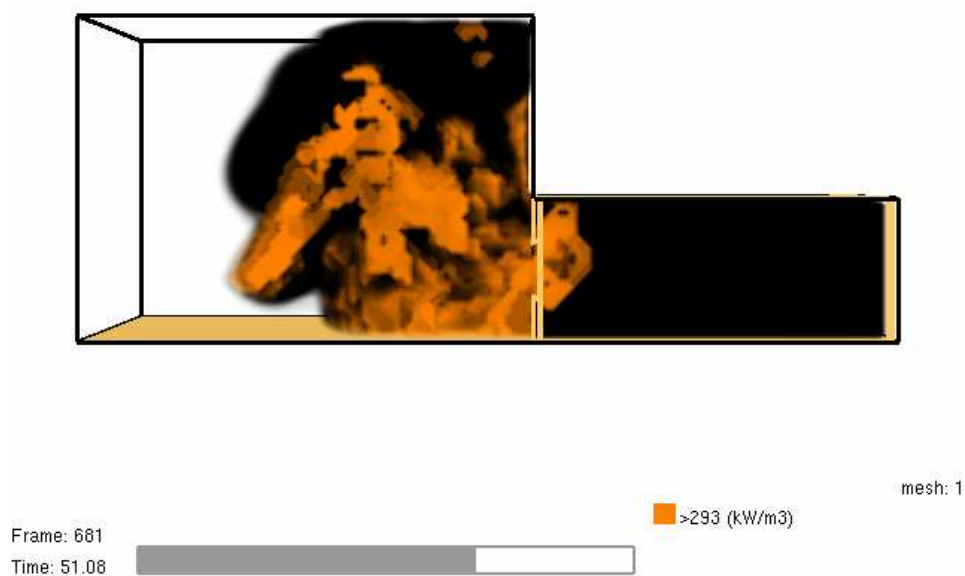


Figur 17 Viser temperatur inni containeren like før åpning.

Utvikling etter åpning

Da luka ble åpnet etter 50s resulterte det i at en stor ildkule ble skutt ut av åpningen, en backdraft. Backdraften var større og kraftigere enn i de andre forsøkene. Antennelsen skjedde i åpningen slik den har gjort det i de andre forsøkene.

Smokeyview 5.0.7



Figur 18 Bildet viser en kraftig ildkule ett sekund etter at luka har åpnet i 5. forsøk.

6.6 Resultat simulering 6

Utvikling før åpning

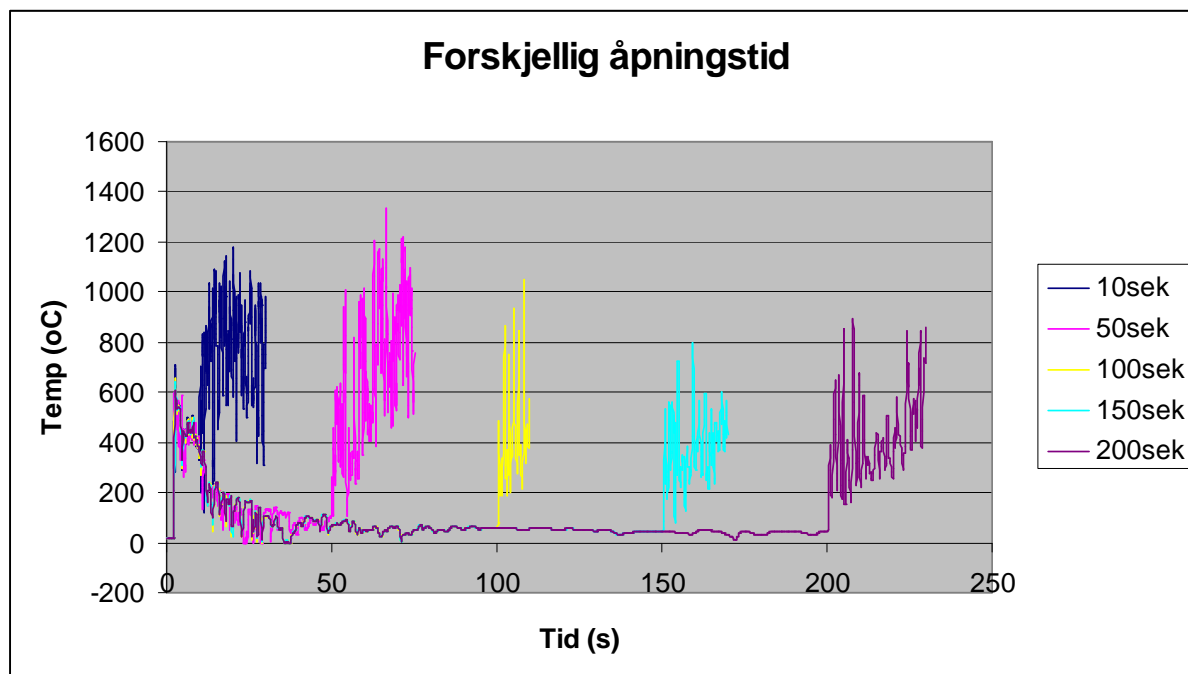
Alle simuleringene hadde like inndata bortsett fra åpningstiden. Brenneren antente stolen og containeren ble fylt med røyk. Brannen i stolen ble svekket som følge av mangel på oksygen, og døde til slutt ut. Hvor lenge denne prosessen pågikk avhenget av åpningstiden. Temperaturen like før åpning i er vist i tabell 2.

Åpningstid	Temperatur like før åpning
10s	Ca 450°C
50s	Ca 170°C
100s	Ca 100°C
150s	Ca 80°C
200s	Ca 60°C

Tabell 2 Viser temperaturer like før åpning i simulering 6.

Utvikling etter åpning

Det oppstod backdraft ved alle de forskjellige åpningstidene. Da åpningen ble introdusert antente de uforbrente gassene og en ildkule ble skutt ut. Størrelsen på denne ildkulen varierte med forskjellig åpningstid. Bilder av ildkulene finnes i vedlegg F. Temperaturutvikling i simuleringene er målt en meter inni containeren (Temp4, se kapittel 5.1.1) og blir vist graf 2.

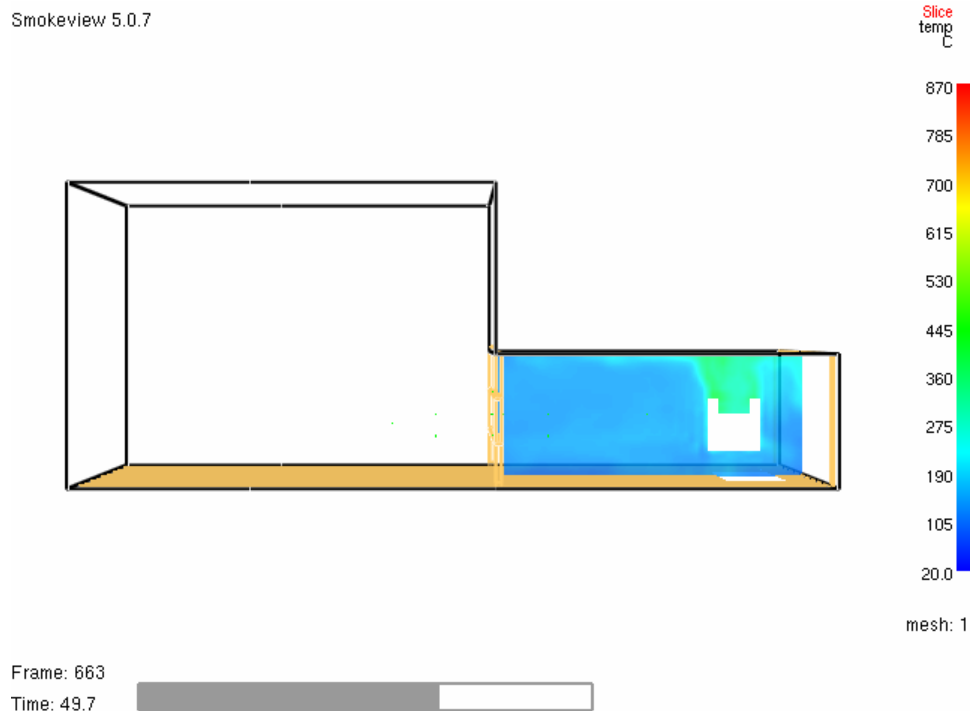


Graf 2 Viser temperatur utvikling i simulering 6.
Temperaturene er fra samme plass i containeren, men ved forskjellig åpningstid.

6.7 Resultat simulering 7

Utvikling før åpning

Container fylles raskt med røyk. Allerede etter 6 sekunder er hele containeren fylt med røyk. Dette tiltross for at det er lagt inn lekkasje areal på 2 x 10cm hull i den fremre kortveggen. Det kommer røyk ut fra lekkasje åpningene, og det brenner lenge i disse åpningene. Det kan observeres at røyken pulserer tilbake i containeren som følge av trykk og temperatur forskjeller inne i containeren og utenfor. Rett før åpning av ventilasjonsåpning ligger temperaturen inne i containeren på rundt 150 °C (se figur 19).

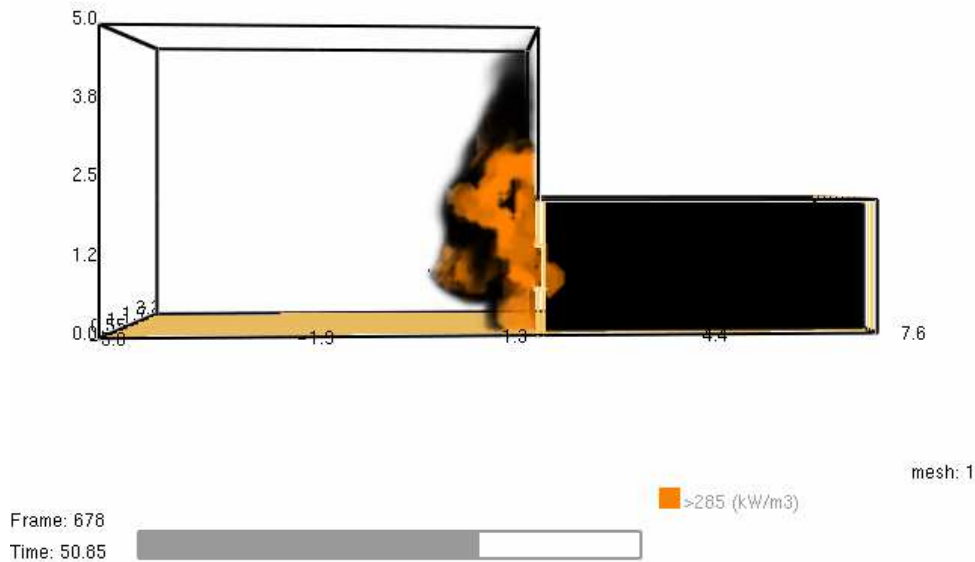


Figur 19 Temperatur inne i container like før åpning av ventilasjonsåpning simulering 7.

Utvikling etter åpning

Etter 50 sekunder åpnes luken i fremre kortside. Det skjer da en umiddelbar antennelse i åpningen, som ved de andre simuleringene. Flammen slår ut av container, men det blir ikke dannet en ildkule (se figur 20)

Smokeyview 5.0.7



Figur 20 Simulering 7. 0,85 sek etter åpning av ventilasjonsåpning.

6.8. Oppsummering resultat

I tabell 3 er det gitt en oversikt over hvilke simuleringer det inntraff en backdraft.

Simulering nr	Backdraft
1	Nei
2	Nei
3	Nei
4	Ja
5	Ja
6	Ja
7	Nei

Tabell 3 Simuleringer hvor backdraft inntraff.

Viktig å legge merke til ifra de resultat som er presentert i dette kapittel, er at det i alle simuleringene skjedde en umiddelbar antennelse idet ventilasjonsåpningen ble introdusert. Det vil i kapittel 7 bli diskutert hvorfor dette skjer og om dette stemmer overens med teorien ifra kapittel 2.

7 Diskusjon

Det vil i dette kapitelet bli diskutert de resultat som ble presentert i kapittel 6. Det vil bli sammenlignet temperaturer og trykk fra de ulike simuleringene som er gjennomført. Resultatene vil også bli vurdert opp imot teori delen i kapittel 2. Det blir sett på de to beregningsverktøyene CFAST og FDS opp i mot hverandre og diskutert hvor godt disse egner seg til simulering av backdraft.

7.1 Generell diskusjon av teori og simulering

Det blir her vurdert resultat fra simuleringen opp imot det som var forventet skulle skje ut ifra teori om backdraft som er beskrevet i kapittel 2.

Fra teori

Det ble i kapittel 2 drøftet hvilke forutsetninger som må være tilstede for at backdraft skal inntreffe, og hvordan en brann som går til backdraft vil oppføre seg.

Det ble listet opp 5 hovedpunkter som må være tilstede for at det skal kunne inntreffe, og kunne kalles backdraft

- 1 Brann må foregå med utilstrekkelig tilgang på oksygen.
- 2 Det må introduseres en ny ventilasjonsåpning.
- 3 Branngasser må blandes med innstrømmende luft og nå eksplosjonsgrenser.
- 4 Det må eksistere en antennelses kilde, altså må ikke brannen ha dødd helt ut.
- 5 Branngassene antenner og det skjer en hurtig deflagrasjon igjennom brannrommet og ut åpning, det blir dannet en ildkule.

Forventet resultat

Når en ny ventilasjonsåpning blir introdusert i et brannrom hvor det har foregått en forbrenning med utilstrekkelig oksygentilførsel, er det forventet at det vil ta noe tid før den innkommende luften blir blandet med de uforbrente branngassene og når eksplosjonsgrensene.

Det er forventet at blandingen ikke vil antenne før den når tennkilden (brannen), og at det ikke vil bli antennelse dersom brannen er dødd ut som følge av for lite oksygen i rommet (under 13-10% oksygen). Som nevnt i teori kapittel 2.1.4 om antennelse, kan det i sjeldne tilfeller oppstå en backdraft selv om brannen er dødd ut. Det skjer da en selvantennelse av branngassene når de blir blandet med den innkommende luften og når eksplosjonsgrensene. For at dette skal kunne skje må temperaturene i branngassene være meget høye, opp mot 500 – 600 °C [1]. Dersom det er ideelle forhold og branngassene blir vel blandet, er det forventet at det vil produseres en ildkule som slår ut av ventilasjonsåpningen.

Fra gjennomførte simuleringer

Det ble i simuleringene som er gjennomført lagt inn en brann i et rom som var helt tett. Dette fører til at etter hvert som brannforløpet skrider frem vil brannen gå over til å bli ventilasjonskontrollert og foregå med utilstrekkelig tilgang på oksygen. Det ble også testet hvilken innvirkning det hadde på backdraft dersom rommet ikke var helt tett, dette blir diskutert lenger nede i dette kapittel. Ulike typer brann som avgir ulike avgasser og skaper forskjellig type branngasser ble også simulert, for å se hvilken effekt dette hadde på backdraft.

Det ble introdusert en ventilasjonsåpning i fremre kortvegg av container som er simulert. Simuleringer hvor åpningstiden ble variert ble også utført for å se hvilken effekt dette hadde. Det ble gjort simuleringer der ventilasjonsåpningen ble åpnet før brannen døde ut og etter brannen døde ut.

Resultat fra gjennomførte simuleringer

Det ble i kapittel 6 gått igjennom de resultat som kom ifra hver enkelt simulering. Det mest oppsiktsvekkende som førte til mye hodebry ved utarbeidelse av denne rapporten, var at det i simuleringene i FDS ble en umiddelbar antennelse idet ventilasjonsåpningen ble introdusert. Som nevnt over i forventet resultat ifra simulering, skal det ifølge teorien ta noe tid før branngassene blir blandet med innkommende luft og når eksplosjonsgrenser og antenner.

Det ble undersøkt om det kunne være en selvantennelse i branngassene. Temperaturer i brannrommet rett før åpning fra de ulike simuleringene er vist i figur (13), (15), (17) og (19). I tabell 4 er temperaturene rett før åpning fra hver simulering presentert.

Simulering nr	Åpningstid (s)	Temperatur (°C)
3	50	230
4	50	200
5	50	170
6	10	450
6	50	170
6	100	100
6	150	80
6	200	60
7	50	150

Tabell 4 Temperaturer i brannrom like før introduisering av ventilasjonsåpning.

Som nevnt i teori kapittel 2.1.4 om antennelse, må temperaturer ligge på rundt 500-600 °C for å få en selvantennelse i gassene. Som en ser fra temperaturer i tabell 4 er ingen av temperaturene i de simuleringene som er blitt utført i den størrelses orden.

Det ble videre undersøkt om det kunne være brannen som er lagt inn som var grunnen til at det ble en umiddelbar antennelse i åpningen. Brannen som er lagt inn i simulering 3 og 4 er en gassbrenner, denne avgir en konstant effekt på 600 kW. Det ble gått igjennom egenskapene til denne brenneren ut ifra hva som står i FDS brukermanual[8]. Den type brenner som er lagt

inn er en propan brenner. Selv om det ser ut til at brannen er slukket, så vil rommet fortsatt bli fylt med gass fra denne kilden. Etter diskusjon med intern og ekstern veileder ble det bestemt at det skulle prøves å legge inn et objekt med definerte verdier for hva som blir avgitt når det brenner, som mengde CO, sot, osv. Dette ble gjort for å skape en setting mer lik en reell brann. Det ble lagt inn en stol bestående av plastikk, skum og møbeltrekk. Stolen som er lagt inn er tatt ifra et eksempel fra NIST, der verdier for røykavgivelse og mengde avgasser som de produserer er lagt inn i inndatafilen (se vedlegg E).

Brenneren ble lagt inn under stolen og det ble endret antennelsestemperatur på den for å få en rask antennelse. Brenneren ble så deaktivert og det fortsatte å brenne i stolen. Da ventilasjonsåpning i simulering 5 ble introdusert med denne brannen på samme tidspunkt som i simulering 4, ble det fortsatt en umiddelbar antennelse i ventilasjonsåpningen. Det ble en betydelig kraftigere backdraft sett med tanke på den ildkule som slår ut av ventilasjonsåpningen når brannen ble endret. Ut ifra figurer (16) og (18) av simulering 4 og 5 kan man se forskjellen i utbredelse av ildkulen. Hvilke materialer som inngår i en brann har altså mye å si for utfallet brannen får.

Årsaken til at det skjer en umiddelbar antennelse når ventilasjonsåpningen blir introdusert, ble funnet etter nærmere studie av hvordan FDS er oppbygd. Det er i FDS lagt inn en mekanisme som fungerer som en gnist i hver enkelt celle. Det vil si at er det nok brennbar gass og oksygen til stede i den aktuelle cellen så vil det bli en antennelse. Hentet ifra bruker manual til FDS: *The default combustion algorithm in FDS assumes that in every grid cell there is a "virtual spark plug" that initiates combustion if the local ratio of fuel and oxygen are appropriate.* [8]

Det ble forsøkt å finne en måte å omgå denne innlagte antagelsen som FDS utfører. Studie av teknisk manual og bruker manual gjorde det klart at det kreves programmeringskunnskaper og en må inn å endre på ligninger og antagelser som programmet gjør for å kunne oppnå ønsket resultat. Selve programmet må endres på, det er ikke bare inndata som må endres. Andre har gjort studier av hvordan dette kan gjøres. Ferraris, Wen og Dembele har i sin artikkel *Large eddy simulation of backdraft phenomenon* [13], utredet hvordan dette kan utføres. Dette er et arbeid som ikke ble påbegynt i tilknytning til utarbeidelse av denne rapport. Grunner til at dette ikke ble gjort er at det kreves en datakunnskap som forfatterne av denne rapporten ikke innehar, og det ville vært meget tidkrevende å opparbeide seg denne kunnskapen. Det ble vurdert at selv om antennelsen skjer i åpningen så vil det være mulig å sammenligne de hendelser som er blitt simulert, med en backdraft hendelse. Således kan det endres på innlagte parametere og si noe om dets innvirkning på backdraft. De utførte simuleringer vil ikke oppføre seg helt likt som et forventet backdraftforløp, mulige feilkilder vil bli diskutert under.

Feilkilder

I simuleringene skjer det en umiddelbar antennelse når ventilasjonsåpningen blir introdusert, dette fører til at den tid det tar før branngasser blir blandet med innkommende luft, ikke kan observeres. Tiden det tar før branngassene når eksplosjonsgrenser blir ikke tatt hensyn til i simuleringene. Men ut ifra studie av utførte backdraft forsøk [1], [3] og [5] og samtaler med redningsmannskap som har opplevd backdraft, skjer denne blandingen meget raskt.

Inne i containeren er det et meget hurtig brannforløp i simuleringene, og containeren blir raskt fullt med branngasser. I virkelige branner som utvikler seg til backdraft, går brannforløpet meget sakte og foregår i lang tid. Dette er en medvirkende faktor til at backdraft inntreffer da det blir dannet mye uforbrente branngasser. Det er således et noe uriktig bilde av brannforløpet som skaper backdraft før ventilasjonsåpningen introduseres i simuleringene. Antennelse skjer mye hurtigere enn hva som ville vært tilfelle i et virkelig brannforløp, derfor er det bare diskutert de resultat som kommer etter at ildkulen er dannet. Det er antatt at resultatet som en får etter antennelse ville vært noen lunde representativt med hvordan en virkelig backdrafthendelse etter antennelse vil oppføre seg.

Siden antennelsen skjer i åpningen er det overtrykket som er skapt av brannen inne i containeren som presser branngassene ut og disse antenner utenfor i en ildkule. I et virkelig backdraftforløp vil brannen antenne der hvor tennkilden (brannen) har sin posisjon. Er antennelseskilden lenger inne i rommet kan dette føre til at det blir en kraftigere backdraft, jamfør teori kapittel 2.1.4 om antennelse.

7.2 Diskusjon av resultater fra simuleringer

7.2.1 Diskusjon simulering 1 og 2

Simulering 1 og 2 ble simulert i CFAST. Det er vanskelig å se hva som egentlig skjer når en kjører CFAST i Smokeview. Siden det bare er en 2-sone modell forandrer temperaturen seg homogent i de to sonene. Det vises ikke hvordan temperaturen forandrer seg innen en sone. Det er heller ikke mulig å se om det står flammer ut av åpningen eller om det bare er varm røyk som strømmer ut. Dette gjør at CFAST ikke er egnet til å simulere en backdraft.

7.2.2 Diskusjon simulering 3

I simulering 3 ble det antennelse umiddelbart etter at ventilasjonsåpningen ble introdusert, men det kom ingen ildkule. Det er usikkert hvorfor det ikke oppstod noen backdraft, men det kan skyldes at det var vegger rundt observasjonsområdet, og dermed kom det ikke nok luft inn gjennom åpningen. Begrenset tilgang på luft kan ha forhindret tilstrekkelig blanding mellom gassene. Teorien sier ingenting om hvilken innvirkning de omliggende roms geometri vil ha på utviklingen av backdraft.

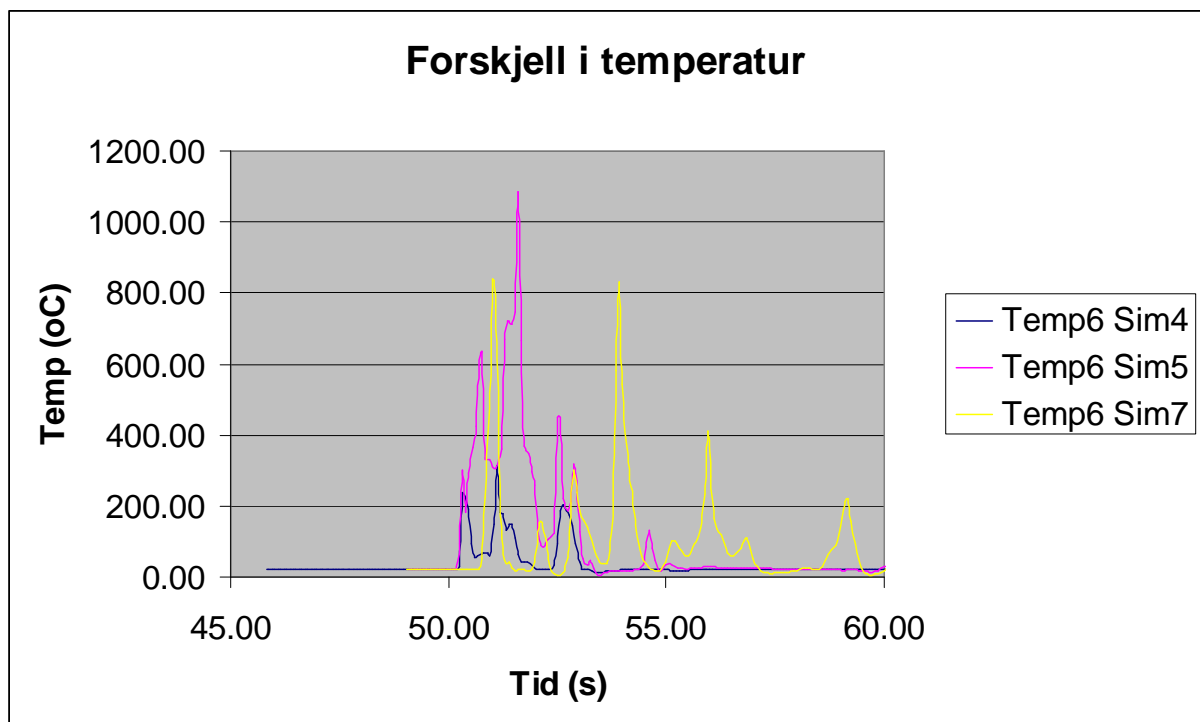
7.2.3 Diskusjon simulering 4, 5 og 7

Det blir her en vurdering av resultatene fra simulering 4, 5 og 7. Disse simuleringene har samme geometri og måleinstrumenter som er plassert på samme sted (se forøvrig kapittel 5.1.1). Forskjellene mellom simuleringene er at simulering 4 har en brenner som brann, mens i simulering 5 og 7 er det en stol som brenner. I simulering 7 er det en lekkasje som gjør at containeren ikke er helt tett. Det vil bli sammenlignet verdier for temperatur og trykk.

Temperatur

For å sammenligne temperaturer fra simuleringene er det laget en graf som viser verdiene til et termoelement som er plassert en meter utenfor åpningen (Temp6, se kapittel 5.1.1). Grafen er vist i graf 3 og henvender seg til tidsperioden rundt åpningstiden som er etter 50s.

Grafene til simuleringene har samme trend men store forskjeller i verdier. Da åpningen åpnes etter 50s stiger grafene raskt, men synker igjen med en gang. Så stiger den igjen og fortsetter å gå i bølger et par ganger. Dette skyldes at de uforbrente gassene tar fyr og det fører til temperaturøkning. Så trekkes det luft inn til mer uforbrent gass. Dette kalles pulsering. Simulering 5 og 7 oppnår mye høyere makstemperatur enn simulering 4. Det skyldes at stolen som brenner produserer en annen type røyk og uforbrent gass enn brenneren. Stolen er laget av plastikk, skum og møbeltrekk. Disse stoffene har spesifikke verdier for avgivelse av røyk som er hentet fra et eksempel fra NIST [14](se vedlegg E). Brenneren er en propanbrenner. Den uforbrente gassen som stolen avgir når den utsettes for ulmebrann blir dermed annerledes enn den brenneren avgir. Dette fører til store utslag i verdier for temperatur.



Graf 3 Viser forskjell i temperatur i simulering 4, 5 og 7.
Tidsperioden er rundt åpningstiden på 50s.

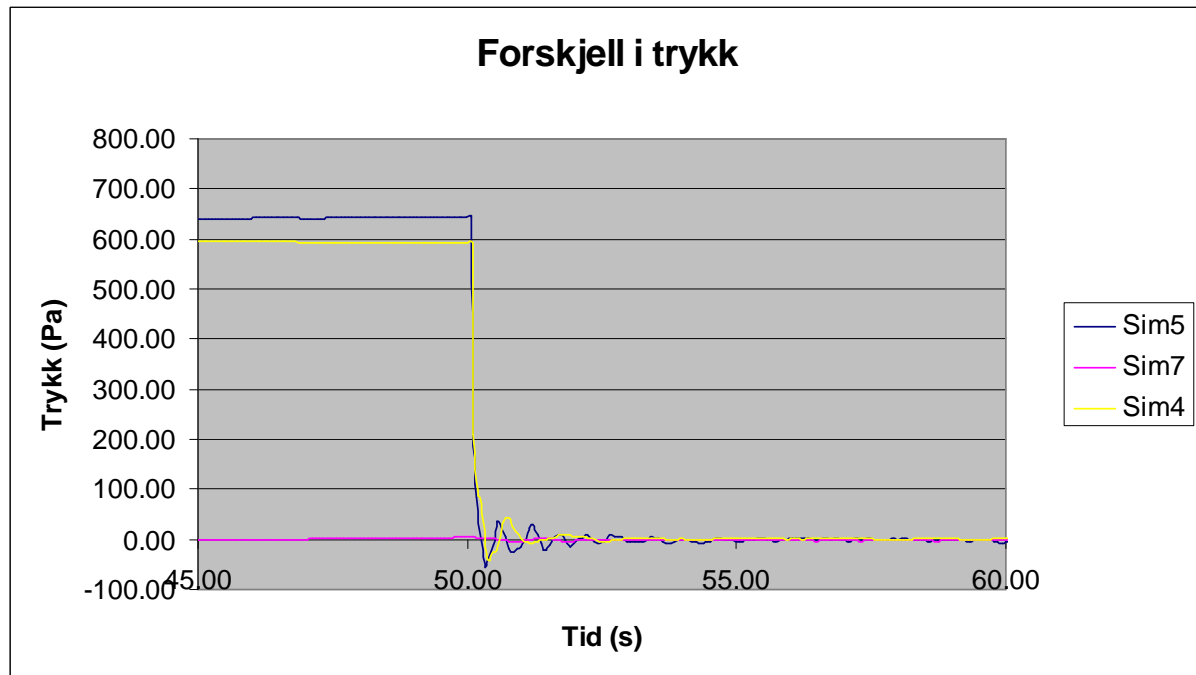
Trykk

For å sammenligne trykk i simulering 4, 5 og 7 er det laget en graf for verdier til en trykkmåler plassert en meter innenfor åpningen (se kapittel 5.1.1). Grafen er vist i graf 4 og henvender seg til tidsperioden rundt åpningstiden som er etter 50s.

Grafen viser at det er overtrykk i containeren i simulering 4 og 5, mens det ikke er det i simulering 7. Dette skyldes at containeren i simulering 7 har lekkasje og dermed ikke er tett. Derfor er det samme trykket inni containeren som utenfor. Overtrykket i containeren i

simulering 4 og 5 er på 600-650 Pa. Når åpningen åpnes synker trykket sånn at det blir et lite undertrykk. Så stiger og synker det igjen og brer seg som en bølge bortover grafen. Dette skyldes at brannen pulserer.

Grunnen til at det ikke inntraff en backdraft i containeren i simulering 7 er at det ikke var noe overtrykk. Siden antennelsen skjer i åpningen er det overtrykket som skyter ildkulen ut av åpningen. Dette strider mot teorien som er diskutert tidligere.



Graf 4 Viser forskjell i trykk i simulering 4, 5 og 7.
Tidsperioden er rundt åpningstiden på 50s.

Det var en mye større backdraft i simulering 5 enn i simulering 4. Eneste forskjell på settingen i de to simuleringene er hva som brenner. I simulering 5 er det en stol som brenner og den gir fra seg mer røyk og en annen type røyk, enn propanbrenneren. Det viser at hvilke typer materialer som inngår i brannen er av betydning for utfallet av backdraftern.

7.2.4 Diskusjon simulering 6

Her vurderes resultatene fra simulering 6. Simulering 6 bestod av å sammenligne forskjellige åpningstider for samme container. Åpningstidene var 10s, 50s, 100s, 150s og 200s. Temperatur utviklingen i åpningen av containeren for de forskjellige åpningstidene er vist i graf 2.

Grafen viser at kurvene har lik trend men skiller litt på verdier. Simuleringen der åpningstiden var 50s fikk en veldig høy makstemperatur på over 1300°C. Simuleringen med åpningstid på 10s hadde makstemperatur på oppimot 1200°C, mens simuleringene med de tre siste åpningstidene hadde makstemperatur på 800-1000°C.

Alle simuleringene oppnådde backdraft. Dette skjedde selv om temperaturen like før åpning var nede i 60°C på simuleringen med åpningstid på 200s. Alle simuleringene fikk antennelse i åpningen av containeren. Det er på grunn av innstillinger i FDS som gjør at hver celle har en antennelsesmekanisme som diskutert tidligere. Dermed vil uforbrente gasser som kommer i kontakt med oksygen antennes.

7.3 Diskusjon FDS mot CFAST

Her vurderes simuleringsprogrammene FDS og CFAST opp mot hverandre i forbindelse med simuleringene i kapittel 6. Det vil også bli vurdert hvorvidt programmene er egnet til å simulere backdraft. Simulering 1 og 2 ble simulert i CFAST, mens simulering 3, 4, 5, 6 og 7 er simulert i FDS.

Det er ikke mulig å vite om det ble backdraft eller ikke i simulering 2. Det er fordi det ikke er noen informasjon om det er flammer eller bare røyk som strømmer ut av åpningen når CFAST simuleringer vises i Smokeview. Det er heller ikke mulig å se hvor antennelsen skjer etter at åpningen blir introdusert. Utenom dette vises kjennetegn for backdraft og fremvisningen er enkel og oversiktlig. Arbeidet med denne rapporten har ikke fått noen nyttige resultater fra simuleringene i CFAST.

Fremvisningen av FDS simulering i Smokeview gir et reelt innblikk i settingens brannforløp. Røyk og brannspredning vises detaljert og skaper en innlevelseseffekt. Problemet med at de uforbrente gassene ble antent i åpningen, gjorde at resultatene fra simuleringen ikke ble som forventet. Dette gjorde det vanskelig å gjenskape teorien om backdraft på dette punktet. En kan gjøre forandringer i antagelsene i FDS for å gjøre det egnet til å klare det (se kapittel 7.1). Hendelsene etter antennelsen forløp som antatt og gav anvendelige resultat fra simuleringene i FDS.

Verken FDS eller CFAST gir et helhetlig riktig bilde på hvordan et backdraftforløp vil utvikle seg. En kan gjøre forandringer i antagelsene i FDS for å gjøre det egnet til å klare det. Simuleringer vil aldri bli helt lik virkeligheten, men FDS har gitt nyttige resultater.

7.4 Forslag til videre arbeid

Å teste ut de resultat som er framkommet i simulering, i reelle forsøk ville vært nyttig. Spesielt forsøk og simuleringer med ulike materialer som brenner for å se dets innvirkning på backdraft. I de fleste forsøk som er blitt utført i arbeidet med å øke forståelsen for backdraft er rommene blitt fylt med gass og antennelse skjer ved gnist, istedenfor brann i materialer som i virkelige hendelser er med å skape backdraft. En vil da kunne få etablert en forståelse for hvilke typer materialer som avgir gasser som fører til fare for backdraft.

8. Konklusjon

I denne rapporten er det studert hvordan ulike parametere innvirker på dannelsen av backdraft. Det er gitt en vurdering av hvilke resultat en hadde forventet ut ifra teori. Det er så blitt diskutert de faktiske resultat som kom ut i fra simuleringene opp imot teorien.

Ifra litteraturstudier av tidligere utførte forskningsrapporter om fenomenet backdraft er det blitt utarbeidet en teori del som tar for seg hvilke forutsetninger som må være tilstede for at backdraft skal inntreffe

- Brann må foregå med utilstrekkelig tilgang på oksygen.
- Det må introduseres en ny ventilasjonsåpning.
- Branngasser må blandes med innstrømmende luft og nå eksplosjonsgrenser.
- Det må eksistere en antennelses kilde, altså må ikke brannen ha dødd helt ut.
- Branngassene antenner og det skjer en hurtig deflagrasjon igjennom brannrommet og ut åpning, det blir dannet en ildkule.

I denne oppgaven er det nyttet simuleringsprogrammene CFAST og FDS. Konkluderer med at 2-sone modellen CFAST er uegnet til å simulere backdraft. Det oppstod også problemer med simulering av backdraft i FDS. Det ble umiddelbar antennelse når ventilasjonsåpning ble introdusert, dette strider med teorien da temperaturene ikke lå i størrelsesorden for selvantennelse. Forsøk på å unngå dette problemet er diskutert. Det ble besluttet at selv om forløpet før antennelse ikke blir riktig, er det vurdert at utvikling etter antennelse av gassblanding vil være representativt for hvordan en reell backdrafthendelse vil utvikles. Utførte simuleringer med forskjellige endringer på parameterne er diskutert opp imot parameterens innvirkning på den grad av backdraft som blir dannet.

- Det er ifra simulering bekreftet at om rommet er mindre tett, fører dette til en mindre markant backdraft, grunnet at trykk oppbygging blir motvirket.
- Resultater ifra simulering har vist at type materialer som deltar i brannen har innvirkning på hvor kraftig backdraft som blir utviklet.
- Ulike åpningstider på ventilasjonsåpningen er simulert, det viste at temperatur inne i det simulerte rom før åpning ikke hadde innvirkning på om det ble antennelse eller ikke.

9. Litteraturliste

[1] Overtandning, backdraft och brandgasexplosion sett ur raddningstjänstens perspektiv Report 1019, Lars- Gøran Bengtsson, 1999, Lunds tekniska Högskola, utgave 1.

[2] Fire safety journal Volume 33, issue 4, November 1999

[3] A survey of backdraughty-main report, Chitty, Fire Research and Development Group, 1994, utgave 5.

[5] Backdraft phenomena GCR-94-646, Fleischmann, NIST, University of California, 1994, utgave 1.

[4] Brannfysikk, Guttorm Liebe, Norsk brannvern forening og Norges brannskole, 1995, utgave 1.

[6] NS 3900:1994. Brannprøving - Terminologi. Termer og definisjoner, 1994, utgave 1

[7] Kollegiet for brannfaglig terminologi (www.KBT.no)

[8] McGrattan, Klein, Hostikka, Floyd, Fire Dynamics Simulator (Version 5) User's Guide, NIST Special Publication 1019-5, 2008

[9] Richard D. Peacock, Walter W. Jones, Paul A. Reneke, Glenn P. Forney, NIST Special Publication 1041 CFAST – Consolidated Model of FireGrowth and Smoke Transport User's Guide, 2005, Version 6.

[10] Initial Backdraft experiments, Report 3121, Daniel Gojkovic, Lund 2000.

[11] Evaluering av brann 9. juni 2007 i Sveio Omsorgssenter, Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, 2007

[12] The SFPE handbook of Fire Protection Engineering, DiNenno, Drysdale, Beyler, Walton, Custer, Hall, Watts, National fire protection Association, Quincy, Massachusetts, 2002, Third edition.

[13] Large eddy simulation of the backdraft phenomenon, S.A. Ferraris, J.X. Wen, S. Dembele, Faculty of Engineering, Kingston University, 2007.

[14] Room fire test case, based on an actual test conducted for US ATF by the University of Maryland, NIST, 2005

Andre kilder som er brukt:

www.Firetactics.com

www.NIST.com

<http://brannmannen.no/>

<http://dsb.no/> Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap.

Vedlegg

Vedlegg A – Brannstatistikk

Vedlegg B – Simulering 1 og 2

Vedlegg C – Simulering 3

Vedlegg D – Simulering 4

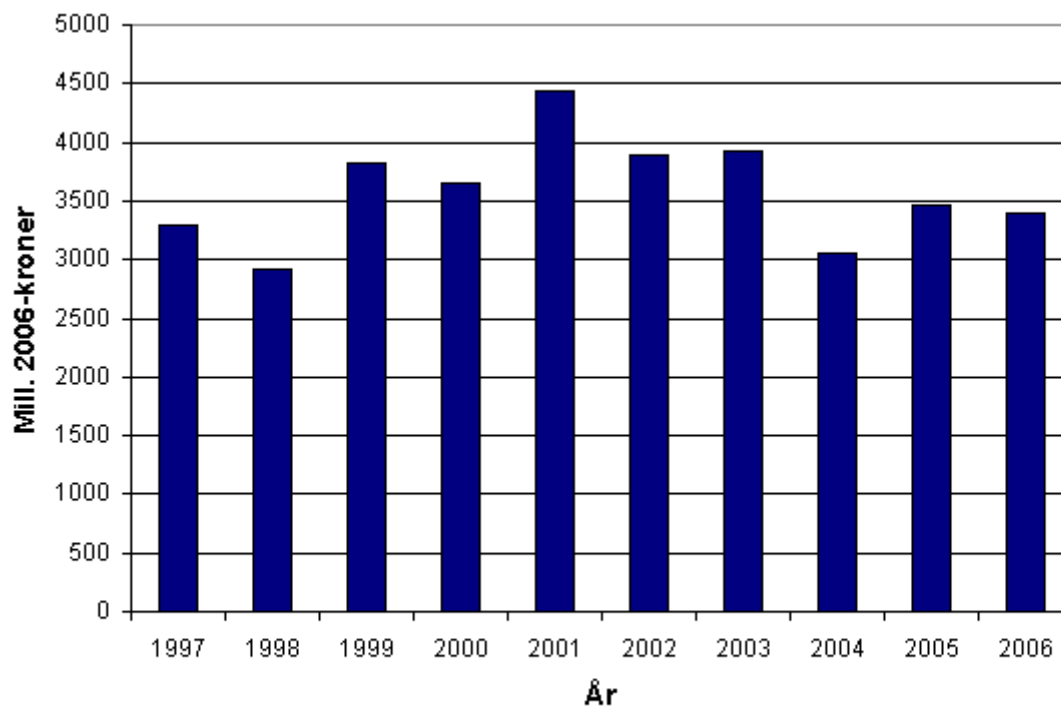
Vedlegg E – Simulering 5

Vedlegg F – Simulering 6

Vedlegg G – Simulering 7

Vedlegg A Brann statistikk.

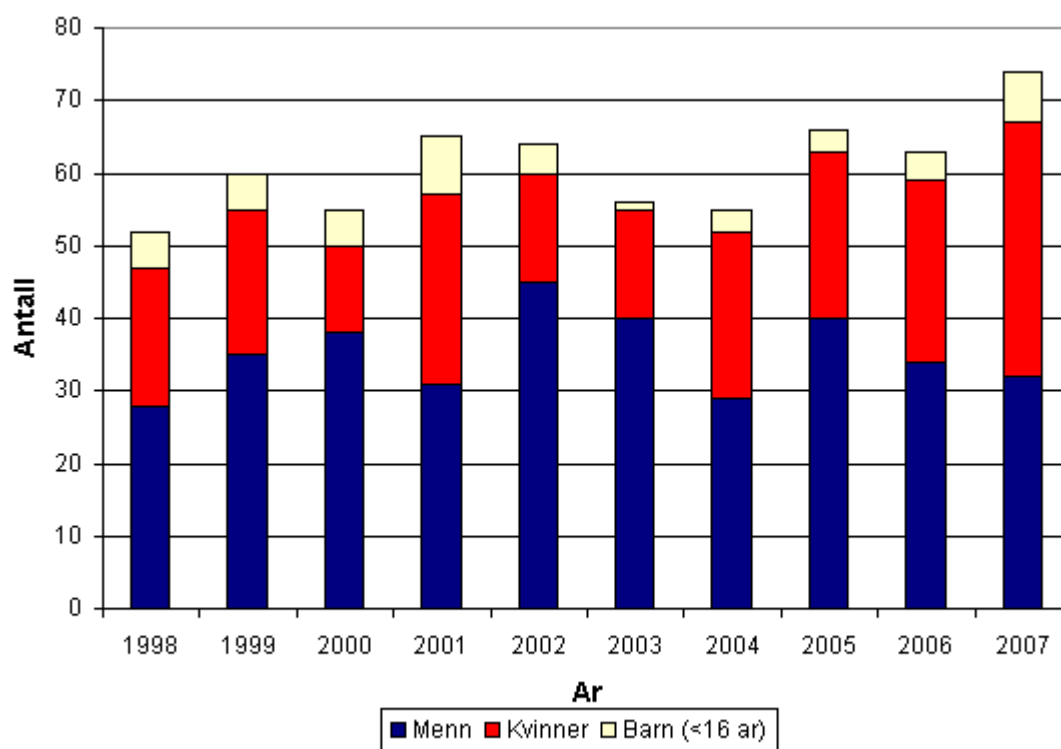
Brannskadeerstatning fra Norske forsikringsselskaper



	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Mill. 2006 kr	3293	2920	3823	3644	4436	3893	3922	3056	3457	3403

Kilde: Finansnæringens Hovedorganisasjon, Skadestatistikk-03/07

Omkomne i brann. Barn, kvinner, menn. (oppdatert 21.4.2008)

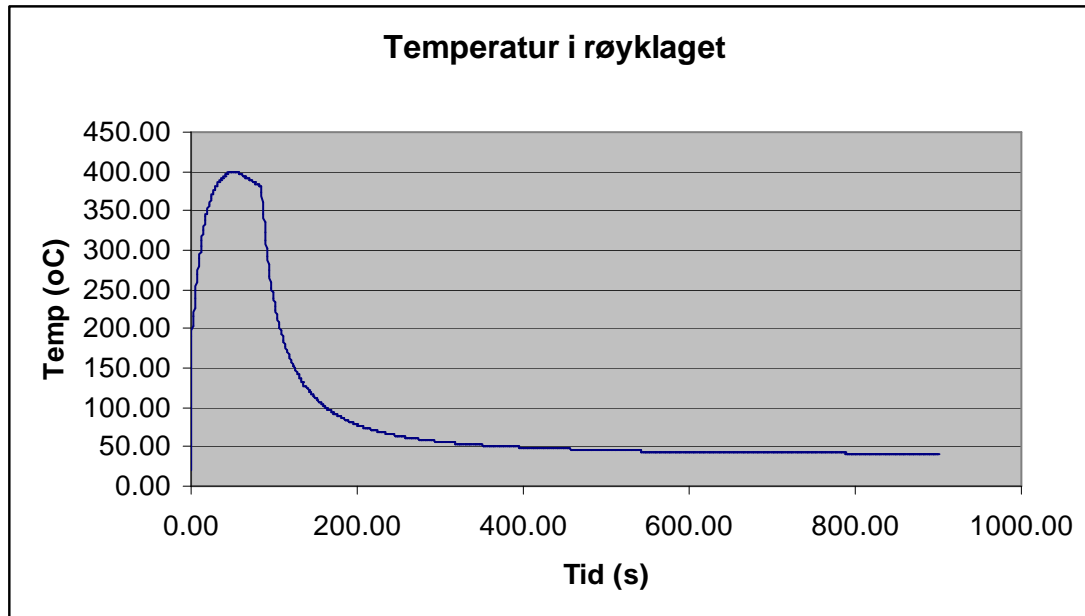


	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Menn	28	35	38	31	45	40	29	40	34	32	12
Kvinner	19	20	12	26	15	15	23	23	25	35	11
Barn (<16 ar)	5	5	5	8	4	1	3	3	4	7	0
Totalt	52	60	55	65	64	56	55	66	63	74	23

Kilde: Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB)

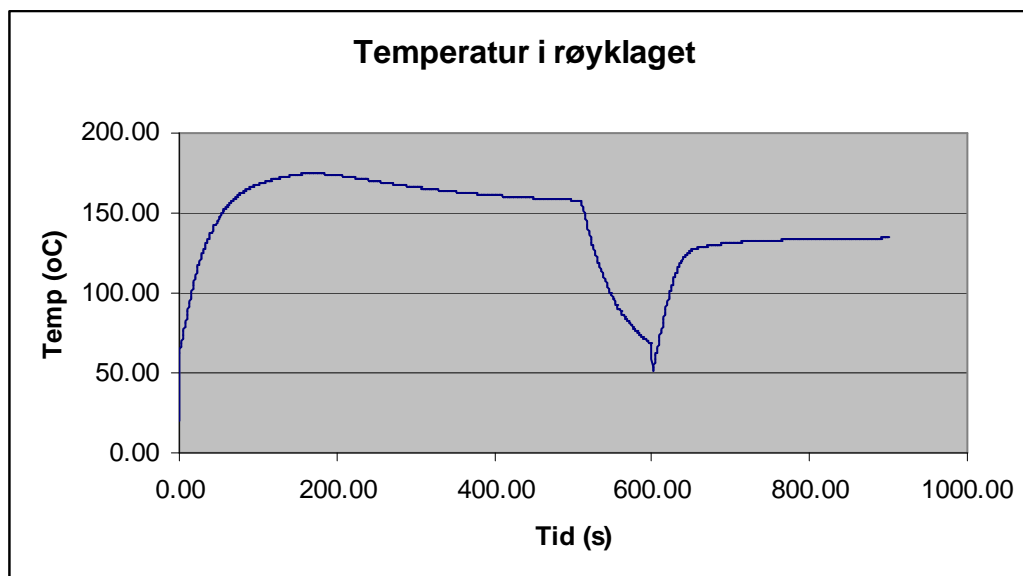
Vedlegg B

Simulering 1



Graf B.1 Viser temperaturen i røyklaget i simulering 1

Simulering 2



Graf B.2 Viser temperaturen i røyklaget i simulering 1

Vedlegg C

Simulering 3

Formål:

Første forsøk med containeren i FDS gikk ut på å simulere en backdraft på enklest mulig måte. Settingen bestod kun av containeren, åpningen som skal åpne etter ønsket tid og en brann.

Inndata:

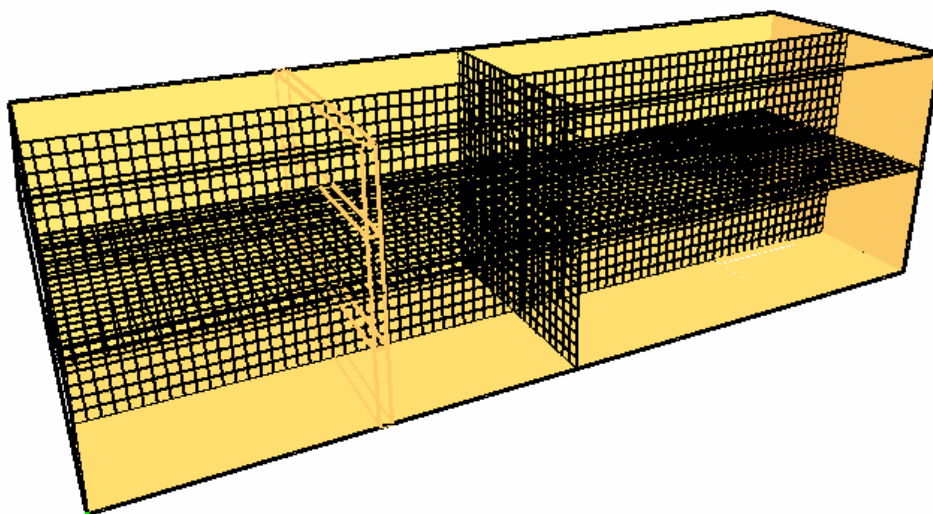
Det området som er med i simuleringen kalles et grid. Gridet er et rutenett av celler, der størrelsen på cellene avgjør hvor nøyaktig brannforløpet blir regnet ut. Cellene bør være mest mulig kubeformede. I containerforsøket var cellene $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$. Gridet var 7,5m i x-retning, 2,2m i y-retning og 2,2m i z-retning. Til sammen blir det 36300 celler.

Kanten på gridet fungerer som vegger hvis en ikke programmerer noe annet. Den ene kortsiden ble satt til å være åpen til det fri.

For å få rett lengde på rommet ble det lagt inn en vegg. Dermed var rommet 5,5m langt og det var 2m på utsiden så en kunne se hva som skjedde på utsiden av åpningen. På denne veggen ble det programmert at en åpning skulle åpne etter 50s.

Innerst i containeren, på motsatt kortside av åpningen, ble det lagt inn en 1m x 1m brann. Brannen ble lagt inn som en "burner", det vil si at brannen brenner med en konstant effekt. Effekten til brannen er den samme som i forsøkene på Lund universitet, 600kW.

Smokeview 5.0.7



Figur C.1 Oversikt over grid i første forsøk

Inndatafil for FDS av simulering 3

Simulering av Backdraft container. Hovedprosjekt HSH 2008

```
&HEAD CHID='Simulering3', TITLE='Simulering3' /
&MESH IJK=75,20,20, XB=0.0,7.5,2.0,4.2,2.0,4.2 /
&TIME TWFIN=80.0 /
Brannen
&SURF ID='BURNER', HRRPUA=600 /
&VENT XB= 6.0, 7.00, 3.0, 4.0, 2.0, 2.0, SURF_ID='BURNER' /
Vegger
&OBST XB= 2.00, 2.10, 2.00, 4.2, 2.00, 4.2 / Front wall
&HOLE XB= 1.99, 2.11, 2.00, 4.20, 2.70, 3.50, DEVC_ID='timer
30' / Door
&DEVC XYZ=0.12,2.20,0.8, ID='timer 30', SETPOINT= 50.0,
QUANTITY='TIME', INITIAL_STATE=.FALSE./
Ventilasjon til rommet
&VENT MB='XMIN',SURF_ID='OPEN' /
Utdata
&SLCF PBX=2.60, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=2.60, QUANTITY='HRRPUV' / Heat Release Rate per Unit
Volume
&SLCF PBX=2.60, QUANTITY='MIXTURE_FRACTION' /
&TAIL /
```

Vedlegg D

Simulering 4

Inndata:

Det ble i dette forsøket lagt på vegger rundt hele containeren, på utsiden av containeren ble det åpnet i x, y og z retning.

Simuleringstid:

70s.

Måleinstrument:

Det er lagt inn 7 termoelementer som logger temperaturer igjennom hele forsøket. Plasseringen av disse er som vist i kapittel 5.1.1.

Grid:

Det ble lagt inn 3 grid. For å minke simuleringstiden ble det i grid 3 som er over containeren lagt inn 20x20x20 cm³ celler, dette forsvares med at det antas å ikke skje så mye av inntrekk i dette området, illustrasjon av grid på figur 8. På grid 1 og 2 er det 10x10x10 cm³ celler.

Grid1: X-retning: 7.6m, Y-retning: 2.3m, Z-retning: 2.3m

Grid2: X-retning: 2m, Y-retning: 2.3m, Z-retning: 2.3m. Er da et område på 4meter ifra åpning på container, der en kan observere resultat.

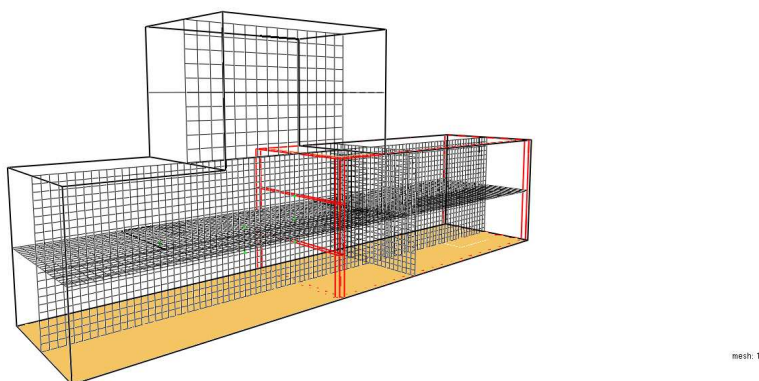
Grid3: X-retning: 3m, Y-retning: 2.3m, Z-retning: 2.2m. Er da et område med høyde 2.2meter over container hvor en kan observere effekt.

Brannen:

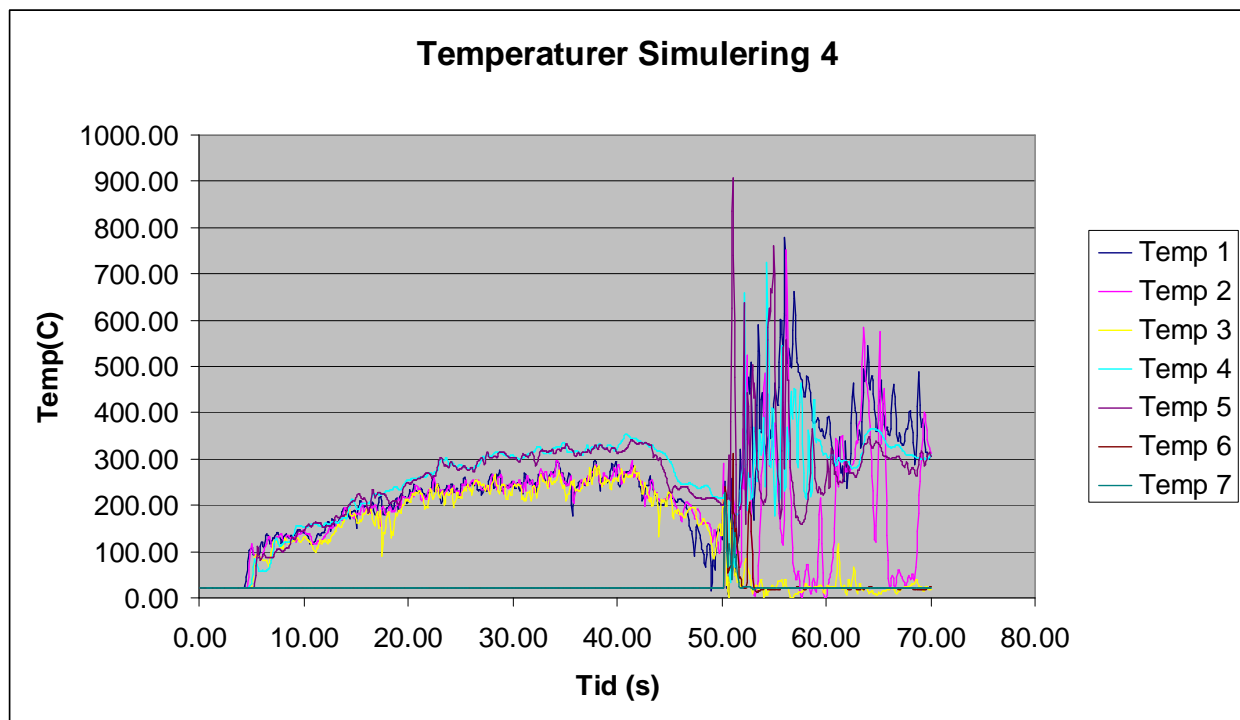
600kW propan burner. Brannens lokasjon er 4meter inn i containeren.

Åpnings areal blir introdusert etter 50 sekunder.

Smokeview 5.0.7 - Dec 30 2007



Figur D.1 Illustrasjon av grid i simulering 4.



Graf D.1 Temperaturer fra simulering 4.

Inndata fil fra FDS

Simulering av Backdraft container. Hovedprosjekt HSH 2008

Grid

```
&HEAD CHID='Container8', TITLE='Container8' /
&MESH IJK=80,24,24, XB=0.0,7.6,0.0,2.2,0.0,2.2 /
&MESH IJK=20,24,24, XB=-2.0,0.0,0.0,2.2,0.0,2.2 /
&MESH IJK=15,12,10, XB=0.0,3.0,0.0,2.2,2.2,4.2 /
&TIME TWFIN=70.0 /
```

Brannen

```
&SURF ID='BURNER', HRRPUA=600 /
&VENT XB= 6.0, 7.00, 0.6, 1.6, 0.0, 0.0, SURF_ID='BURNER' /
Vegger
&OBST XB= 2.00, 2.10, 0.00, 2.2, 0.00, 2.2 / Vegg framme
&HOLE XB= 1.99, 2.11, 0.00, 2.20, 0.70, 1.50, DEVC_ID='timer
50' / ventilasjons åpning som blir introdusert etter 50s.
&OBST XB= 2.00, 7.5, 0.00, 2.2, 2.2, 2.3 / Tak
&OBST XB= 2.00, 7.5, 0.00, 0.1, 0.0, 2.2 / 1 langside
&OBST XB= 2.00, 7.5, 2.20, 2.3, 0.0, 2.2 / 2 langside
&OBST XB= 7.5, 7.6, 0.0, 2.2, 0.0, 2.2 / Vegg bak
```

Utdata

```
&DEVC XYZ=0.12,2.20,0.8, ID='timer 50', SETPOINT= 50.0,  
QUANTITY='TIME', INITIAL_STATE=.FALSE./  
&DEVC XYZ=2.0,1.1,1.49, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='Temp 1' /  
&DEVC XYZ=2.0,1.1,1.1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='Temp 2' /  
&DEVC XYZ=2.0,1.1,0.71, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='Temp 3' /  
&DEVC XYZ=3.0,1.1,1.1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='Temp 4' /  
&DEVC XYZ=3.0,1.1,0.71, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='Temp 5' /  
&DEVC XYZ=1.0,1.1,1.1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='Temp 6' /  
&DEVC XYZ=1.0,1.1,0.71, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='Temp 7' /  
Ventilasjon til rommet  
&VENT MB='XMIN',SURF_ID='OPEN' /  
&VENT MB='ZMAX',SURF_ID='OPEN' /  
&VENT MB='XMAX',SURF_ID='OPEN' /  
&VENT MB='YMAX',SURF_ID='OPEN' /  
&VENT MB='YMIN',SURF_ID='OPEN' /  
&SLCF PBX=1.10, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&SLCF PBX=2.60, QUANTITY='HRRPUV' / Heat Release Rate per Unit  
Volume  
&SLCF PBX=2.60, QUANTITY='MIXTURE_FRACTION' /  
  
&TAIL /
```

Vedlegg E

Simulering 5

Formål:

I tredje forsøk var målet å unngå problemet som oppstod i andre forsøk. For å unngå at de uforbrente gassene skulle ta fyr i åpningen ble det testet med at det brant i en stol istedenfor en brenner. Planen var å la en brenner sette fyr på en stol og så slukke brenneren etter 10 sekunder, og så fjerne stolen 5 sekunder før luka ble åpnet.

Inndata:

Containeren var lik som i de andre forsøkene. Utenfor åpningen var det et grid som var 7m langt, 2,2m bredt og 5m høyt. Cellene på griddene var 10cm x 10cm.

Det var de samme termoelementene som på andre forsøk, men i tillegg ble det satt inn en trykkmåler. Den var plassert rett innenfor åpningen.

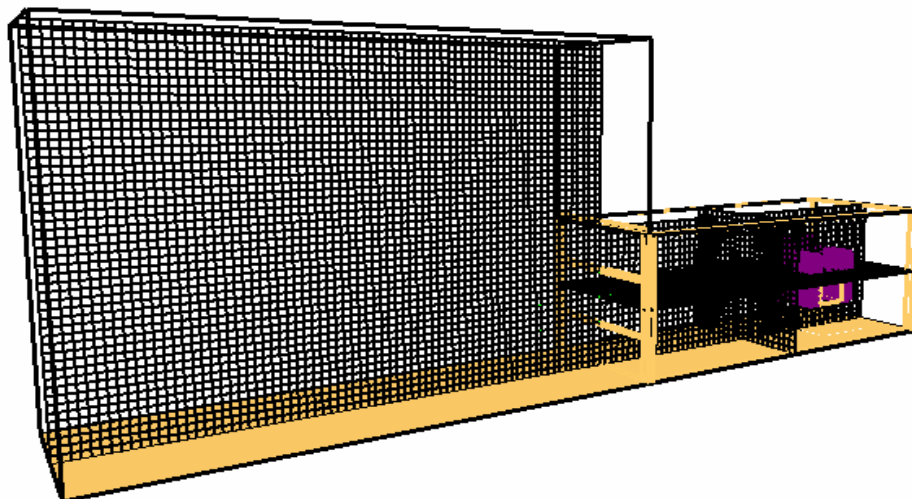
En stol ble programmert inn til å "sveve" en halv meter over brenneren. Stolen var laget av to stoffer, fabric og foam. Stoffene hadde spesifiserte verdier for avgivelse av røyk og gasser, antennelsestemperatur og forbrenningshastighet.

Antennelsestemperaturen ble satt ned til 20°C for å oppnå raskere antennelse.

Effekten til brenneren var 600kW.

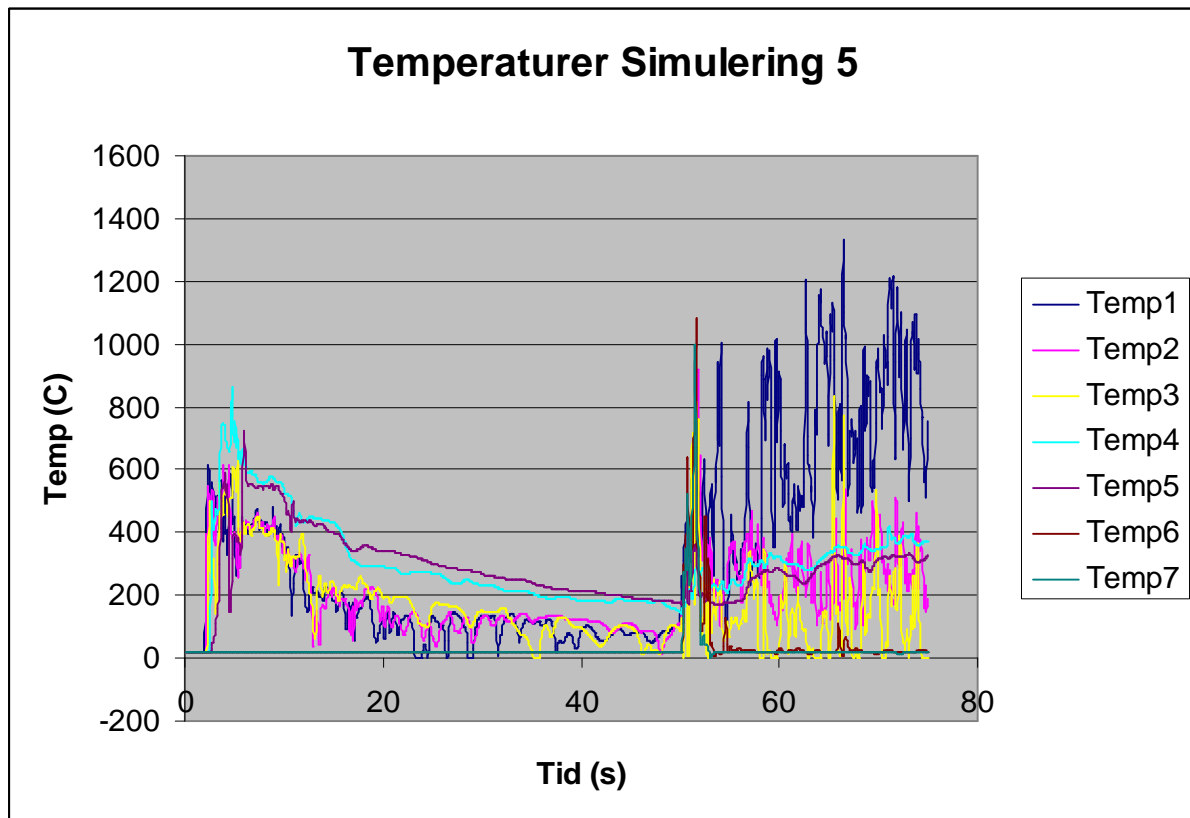
Åpningen ble åpnet etter 50s.

Smokeyview 5.0.7



mesh: 1

Figur E.1 Oversikt over grid i forsøk3
10cm celler utgjør en detaljert simulering, men krever mye datakraft og minne å utføre.



Graf E.1 Viser verdier fra termoelementer i forsøk 5.

Inndatafil for FDS av simulering 5

Simulering av Backdraft container. Hovedprosjekt HSH 2008

```
&HEAD CHID='Simulering5', TITLE='Simulering5' /
&MESH IJK=54,20,20, XB=2.0,7.6,0.0,2.2,0.0,2.2 /
&MESH IJK=72,20,50, XB=-5.0,2.0,0.0,2.2,0.0,5.0 /
&TIME TWFIN=75.0 /
Brannen
&SURF ID='BURNER', HRRPUA=600 /
&VENT XB= 6.0, 7.00, 0.6, 1.6, 0.0, 0.0, SURF_ID='BURNER'
DEVC_ID='Brenner av'/ Brannen
Vegger
&OBST XB= 2.00, 2.10, 0.00, 2.2, 0.00, 2.2 / Vegg framme
&HOLE XB= 1.99, 2.11, 0.00, 2.20, 0.70, 1.50, DEVC_ID='timer
50' / Door
&OBST XB= 2.00, 7.5, 0.00, 2.2, 2.2, 2.3 / Tak
&OBST XB= 2.00, 7.5, 0.00, 0.1, 0.0, 2.2 / 1 langside
&OBST XB= 2.00, 7.5, 2.20, 2.3, 0.0, 2.2 / 2 langside
&OBST XB= 7.5, 7.6, 0.0, 2.2, 0.0, 2.2 / Vegg bak
```



```
&DEVC XYZ=0.12,2.20,0.8, ID='timer 50', SETPOINT= 50.0,  
QUANTITY='TIME', INITIAL_STATE=.FALSE./  
&DEVC XYZ=0.12,2.20,0.8, ID='Brenner av', SETPOINT= 10.0,  
QUANTITY='TIME', INITIAL_STATE=.TRUE./
```

Ventilasjon til rommet

```
&VENT MB='XMIN',SURF_ID='OPEN' /  
&VENT MB='ZMAX',SURF_ID='OPEN' /  
&VENT MB='XMAX',SURF_ID='OPEN' /  
&VENT MB='YMAX',SURF_ID='OPEN' /  
&VENT MB='YMIN',SURF_ID='OPEN' /
```

STOL

```
&REAC ID          = 'POLYURETHANE'  
FYI              = 'C_6.3 H_7.1 N O_2.1, NFPA Handbook,
```

Babrauskas'

```
SOOT_YIELD = 0.10  
N           = 1.0  
C           = 6.3  
H           = 7.1  
O           = 2.1 /
```

```
&MATL ID          = 'FABRIC'  
FYI              = 'Properties completely
```

fabricated'

```
SPECIFIC_HEAT      = 1.0  
CONDUCTIVITY       = 0.1  
DENSITY            = 100.0  
N_REACTIONS        = 1  
NU_FUEL            = 1.  
REFERENCE_TEMPERATURE = 20.  
HEAT_OF_REACTION   = 3000.  
HEAT_OF_COMBUSTION = 15000. /
```

```
&MATL ID          = 'FOAM'  
FYI              = 'Properties completely
```

fabricated'

```
SPECIFIC_HEAT      = 1.0  
CONDUCTIVITY       = 0.05  
DENSITY            = 40.0  
N_REACTIONS        = 1  
NU_FUEL            = 1.  
REFERENCE_TEMPERATURE = 20.  
HEAT_OF_REACTION   = 1500.  
HEAT_OF_COMBUSTION = 30000. /
```

```
&MATL ID          = 'CARPET PILE'  
FYI              = 'Completely made up'
```

```
CONDUCTIVITY       = 0.16  
SPECIFIC_HEAT      = 2.0  
DENSITY            = 750.  
N_REACTIONS        = 1  
NU_FUEL            = 1.  
REFERENCE_TEMPERATURE = 290.
```



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

```
HEAT_OF_COMBUSTION      = 22300.
HEAT_OF_REACTION        = 2000. /
&SURF ID                = 'UPHOLSTERY'
COLOR                   = 'PURPLE'
BURN_AWAY               = .TRUE.
MATL_ID(1:2,1)         = 'FABRIC', 'FOAM'

THICKNESS(1:2) = 0.002,0.1
/ PART_ID              = 'smoke'
&SURF ID              = 'CARPET'
MATL_ID              = 'CARPET PILE'
COLOR                = 'KHAKI'
BACKING              = 'INSULATED'
THICKNESS            = 0.006 /
PART ID='smoke', MASSLESS=.TRUE., SAMPLING_FACTOR=1 /
&OBST XB= 6.0, 6.60, 0.70, 1.50, 0.50, 0.90, DEVC_ID='Stol
deaktiver' /
&OBST XB= 6.00, 6.60, 0.70, 1.50, 0.90, 1.10,
SURF_ID='UPHOLSTERY',DEVC_ID='Stol deaktiver' / Chair, back
corner, seat cushion
&OBST XB= 5.80, 6.00, 0.70, 1.50, 0.50, 1.40,
SURF_ID='UPHOLSTERY',DEVC_ID='Stol deaktiver' / Chair, back
corner, right armrest
&OBST XB= 6.60, 6.80, 0.70, 1.50, 0.50, 1.40,
SURF_ID='UPHOLSTERY',DEVC_ID='Stol deaktiver' / Chair, back
corner, left armrest
&OBST XB= 6.00, 6.60, 1.30, 1.50, 1.10, 1.70,
SURF_ID='UPHOLSTERY',DEVC_ID='Stol deaktiver' / Chair, back
corner, back cushion
&DEVC XYZ=0.12,2.20,0.8, ID='Stol deaktiver', SETPOINT= 45.0,
QUANTITY='TIME', INITIAL_STATE=.TRUE./
Utdata
Termoelement
&DEVC XYZ=2.0,1.1,1.49, QUANTITY='TEMPERATURE',SURF_ID='Temp 1
Helt øverst i åpning' /
&DEVC XYZ=2.0,1.1,1.1, QUANTITY='TEMPERATURE',SURF_ID='Temp 2
midt i åpning' /
&DEVC XYZ=2.0,1.1,0.71, QUANTITY='TEMPERATURE',SURF_ID='Temp 3
nederst i åpning' /
&DEVC XYZ=3.0,1.1,1.1, QUANTITY='TEMPERATURE',SURF_ID='Temp 1
meter inne i rom midt i romZ' /
&DEVC XYZ=3.0,1.1,0.71, QUANTITY='TEMPERATURE',SURF_ID='Temp 1
meter inne i rom nede' /
&DEVC XYZ=1.0,1.1,1.1, QUANTITY='TEMPERATURE',SURF_ID='Temp 1
meter utenfor rom midt i' /
&DEVC XYZ=1.0,1.1,0.71, QUANTITY='TEMPERATURE',SURF_ID='Temp 1
meter utenfor rom midt nede' /
Trykk &DEVC XYZ=2.2,1.1,1.1,
QUANTITY='PRESSURE',SURF_ID='Trykk rett innenfor åpning' /
&SLCF PBY=1.10, QUANTITY='TEMPERATURE' /
```



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

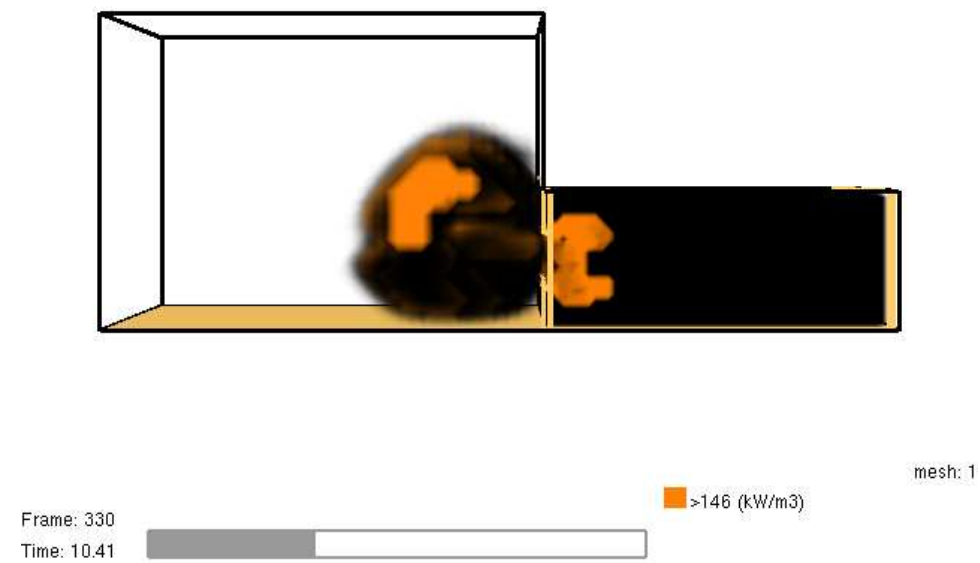
```
&SLCF PBX=2.60, QUANTITY='HRRPUV' / Heat Release Rate per Unit  
Volume  
&SLCF PBX=2.60, QUANTITY='MIXTURE_FRACTION' /  
&TAIL /
```

Vedlegg F

Simulering 6

Figurene nedenfor viser forskjellen på størrelsen til backdraft ved forskjellig åpningstid.

Smokeview 5.0.7 – Dec 30 2007

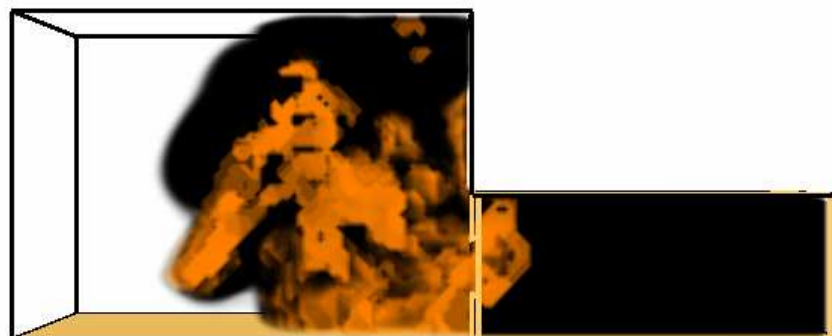


Figur F.1 Viser simulering med 10s åpningstid rett etter åpning av ventilasjonsåpning.



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Smokeview 5.0.7



Frame: 681

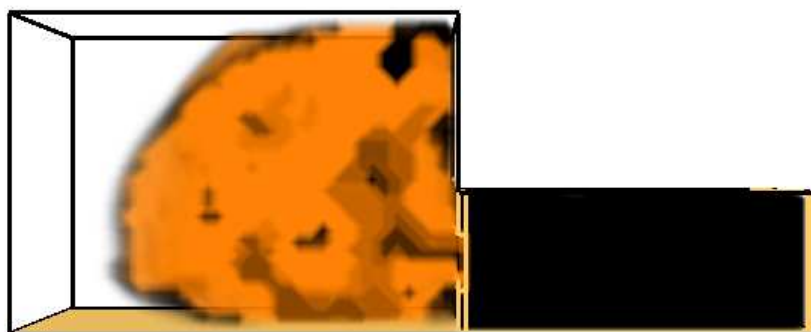
Time: 51.08

>293 (kW/m3)

mesh: 1

Figur F.2 Viser simulering med 50s åpningstid rett etter åpning av ventilasjonsåpning.

Smokeview 5.0.7 - Dec 30 2007



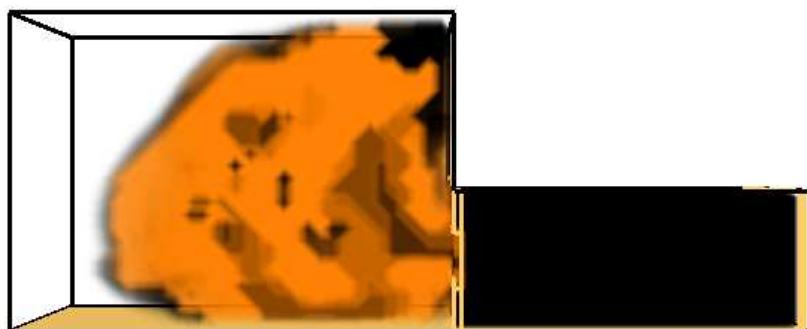
Frame: 913

Time: 101.4

>146 (kW/m3)

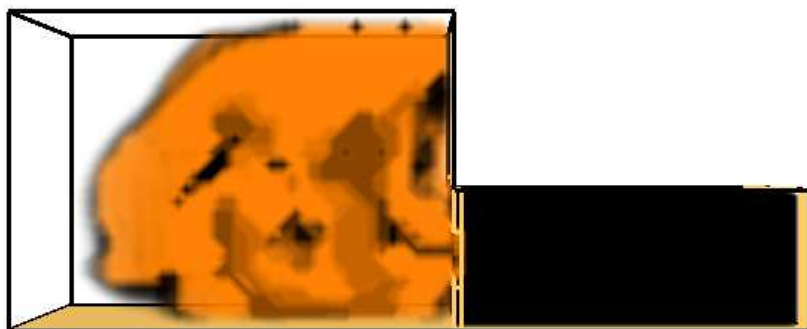
mesh: 1

Figur F.3 Viser simulering med 100s åpningstid rett etter åpning av ventilasjonsåpning.



Frame: 891
Time: 151.5
mesh: 1
■ >146 (kW/m3)

Figur F.4 Viser simulering med 150s åpningstid rett etter åpning av ventilasjonsåpning.



Frame: 876
Time: 201.5
mesh: 1
■ >146 (kW/m3)

Figur F.5 Viser simulering med 200s åpningstid rett etter åpning av ventilasjonsåpning.

Inndatafil for FDS av simulering 6

Lik som i simulering 5 men forandrer på åpningstiden.

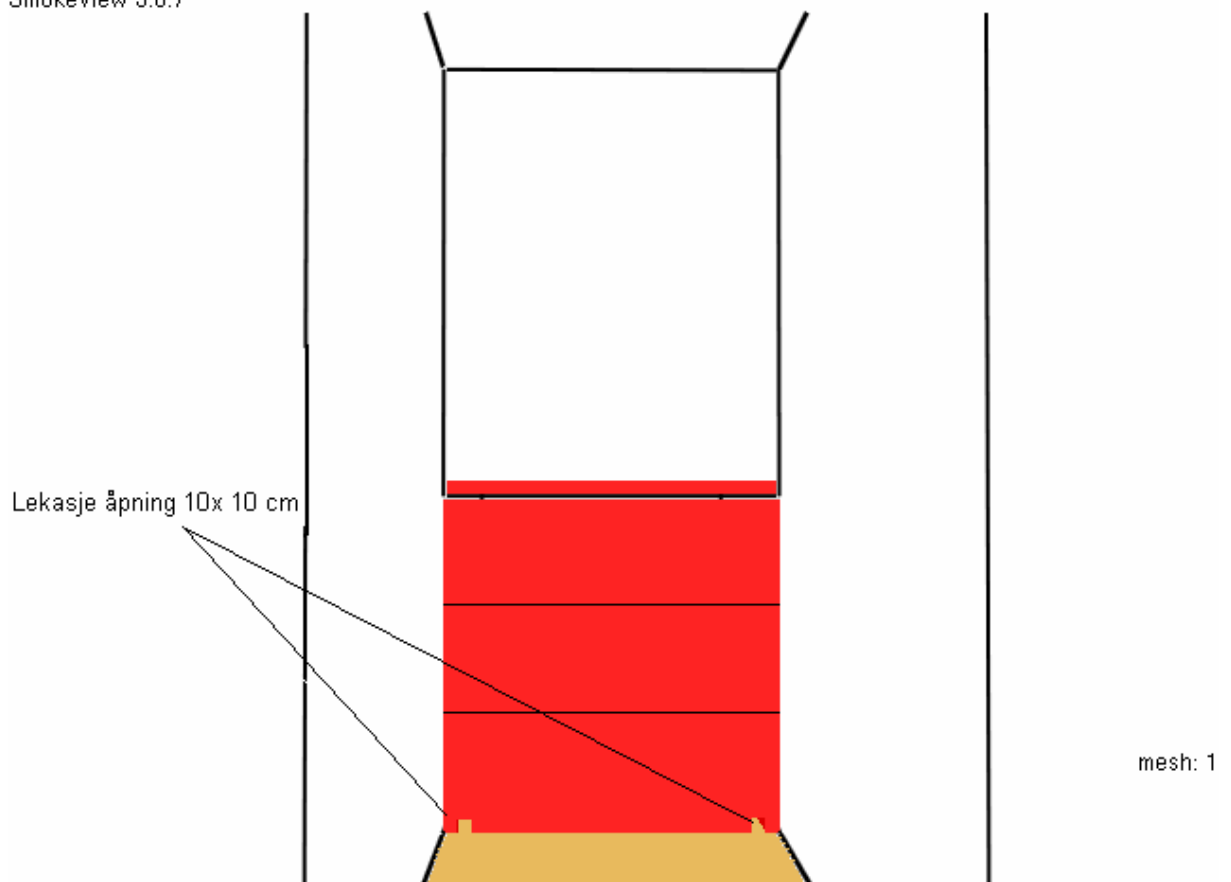
Vedlegg G

Simulering 7

Inndata:

Det ble i dette forsøket laget 2 x 10cm hull i fremre kortvegg, for å teste ut hvilken effekt det ville ha på hvilken grad en får en backdraft når containeren ikke er helt tett. Plassering av lekkasje areal vises på figur H.1

Smokeview 5.0.7



Figur G.1 Container front med plassering av lekkasje areal.

Simuleringstid:
75s.

Måleinstrument:

Det er lagt inn 7 termoelementer og 1 trykk måler som logger temperaturer og trykk igjennom hele forsøket. Plasseringen av disse er som vist i kapittel 5.1.1

Grid:

Det ble lagt inn 3 grid. For å minke simuleringstiden ble det i grid 3 som ligger 4meter ifra åpningen lagt inn 20cm celler, dette forsvares med at det er i åpningen og inne i containeren det skjer mest av interesse, det er også der trykk og termoelement er lagt inn. Området som blir simulert består av containeren

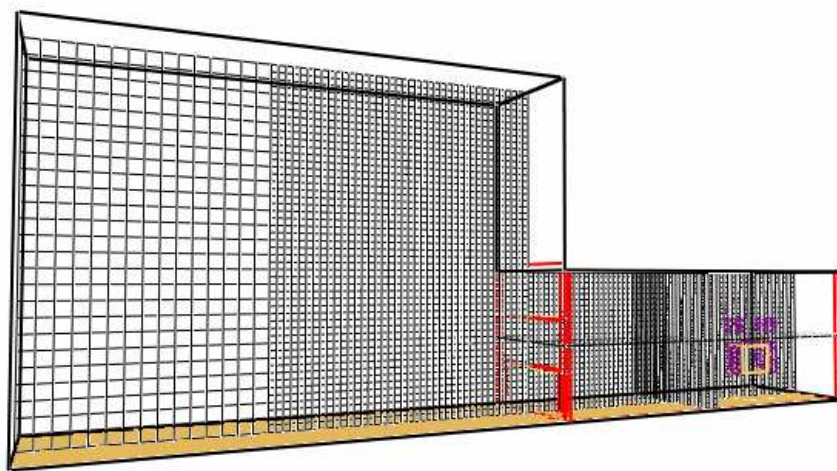
som har en lengde på 5.5m, bredde på 2.2m og høyde 2.2m. Det er lagt inn et område med lengde 7m, bredde 2.2 og høyde 5m utenfor container, for å kunne observere hva som skjer ved åpning av ventilasjonsåpning.

Brannen:

600kW propan burner. Initial brannen som er brenneren blir skrudd av etter 10 sekunder, den har da antent stol som er lagt inn i simuleringen. Brannens lokasjon er 4meter inn i containeren.

Åpnings areal blir introdusert etter 50 sekunder.

Smokeview 5.0.7

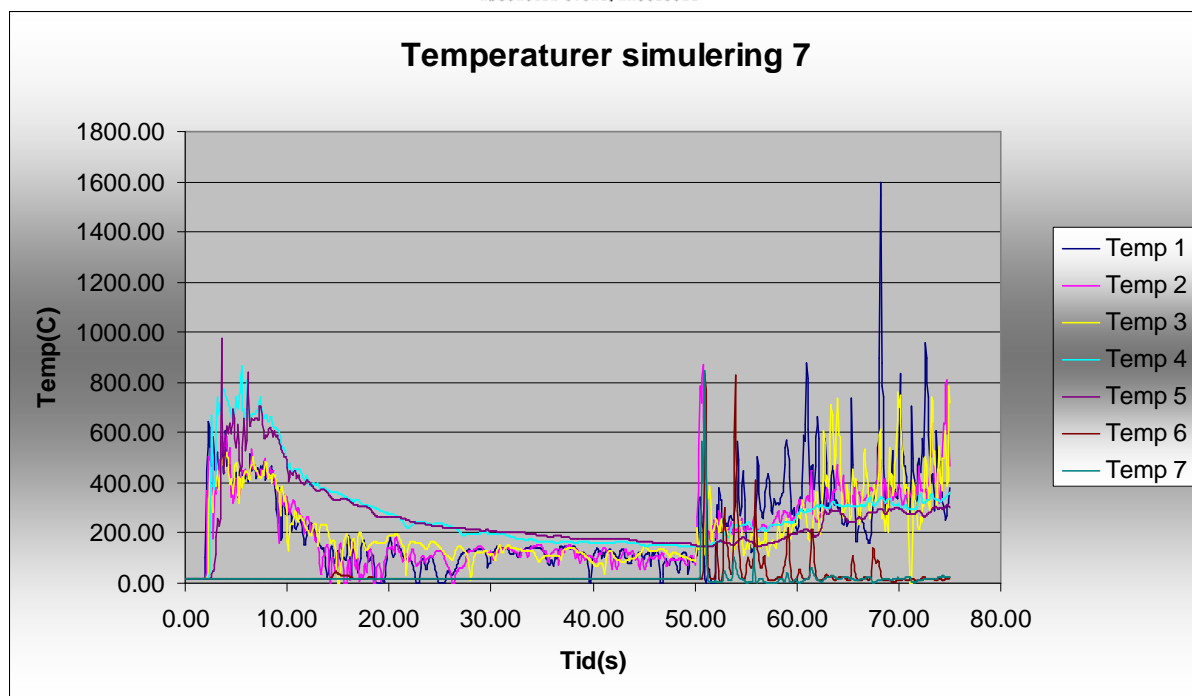


mesh: 1

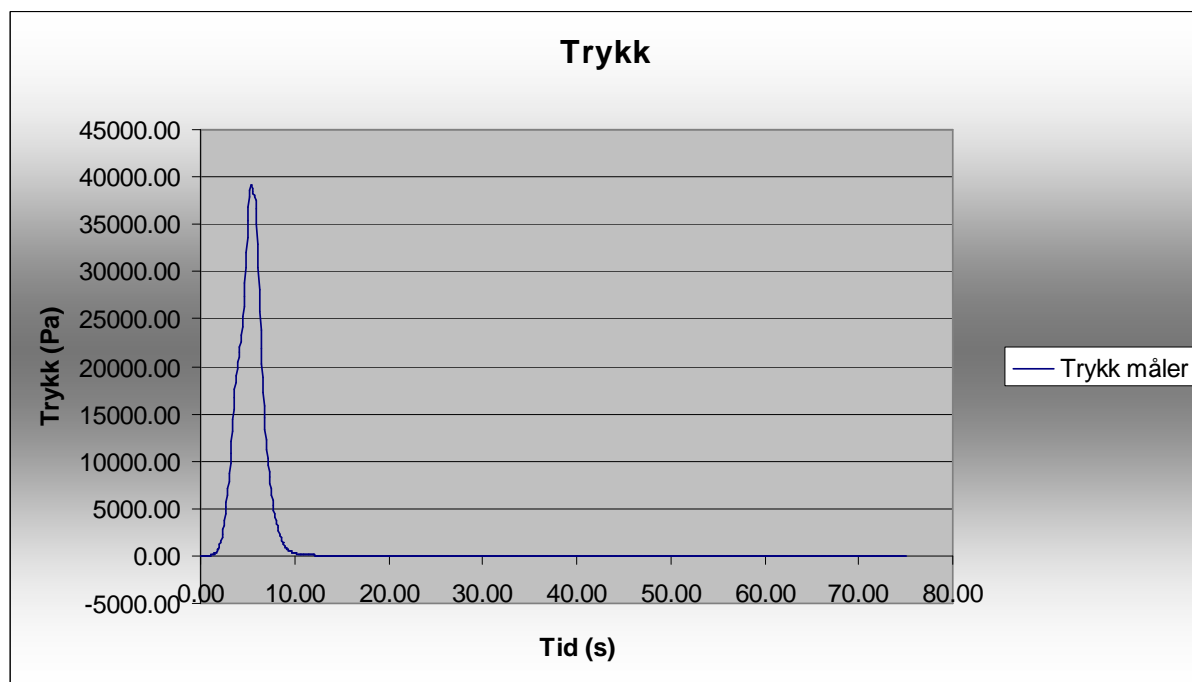
Figur G.2 Illustrasjon av grid i simulering 7.



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND



Graf G.1 Temperaturer fra termoelement i simulering 7.



Graf G.2 Trykk inne i container simulering 7.

Inndata fil fra FDS

Simulering av Backdraft container. Hovedprosjekt HSH 2008

Grid

```
&HEAD CHID='Container22', TITLE='Container22' /
&MESH IJK=60,24,24, XB=2.0,7.6,0.0,2.2,0.0,2.2 /
&MESH IJK=40,24,50, XB=-2.0,2.0,0.0,2.2,0.0,5.0 /
&MESH IJK=15,12,25, XB=-5.0,-2.0,0.0,2.2,0.0,5.0 /
&TIME TWFIN=75.0 /
```

Brannen

```
&SURF ID='BURNER', HRRPUA=600 /
&VENT XB= 6.0, 7.00, 0.6, 1.6, 0.0, 0.0, SURF_ID='BURNER'
DEVC_ID='Brenner av' /
```

Vegger

```
&OBST XB= 2.00, 2.10, 0.00, 2.2, 0.00, 2.2, COLOR = 'RED' /
```

Vegg framme

```
&HOLE XB= 1.99, 2.11, 0.00, 2.20, 0.70, 1.50, DEVC_ID='timer
50' / Ventilasjons åpning som blir introdusert etter 50s.
```

```
&OBST XB= 2.00, 7.5, 0.00, 2.2, 2.2, 2.3, COLOR = 'RED' / Tak
```

```
&OBST XB= 2.00, 7.5, 0.00, 0.1, 0.0, 2.2, COLOR = 'RED' / 1
```

langside

```
&OBST XB= 2.00, 7.5, 2.20, 2.3, 0.0, 2.2, COLOR = 'RED' / 2
```

langside

```
&OBST XB= 7.5, 7.6, 0.0, 2.2, 0.0, 2.2, COLOR = 'RED' / Vegg
```

bak

```
&HOLE XB= 1.99, 2.11, 0.10, 0.20, 0.0, 0.10 / Lekkasje areal,
hull på 10x10 cm.
```

```
&HOLE XB= 1.99, 2.11, 2.0, 2.10, 0.0, 0.10 / Lekasje areal,
hull på 10x10 cm.
```

```
&DEVC XYZ=0.12,2.20,0.8, ID='timer 50', SETPOINT= 50.0,
QUANTITY='TIME', INITIAL_STATE=.FALSE./
```

```
&DEVC XYZ=0.12,2.20,0.8, ID='Brenner av', SETPOINT= 10.0,
QUANTITY='TIME', INITIAL_STATE=.TRUE./
```

Utdata

```
&DEVC XYZ=2.0,1.1,1.49, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='Temp 1' /
```

```
&DEVC XYZ=2.0,1.1,1.1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='Temp 2' /
```

```
&DEVC XYZ=2.0,1.1,0.71, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='Temp 3' /
```

```
&DEVC XYZ=3.0,1.1,1.1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='Temp 4' /
```

```
&DEVC XYZ=3.0,1.1,0.71, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='Temp 5' /
```

```
&DEVC XYZ=1.0,1.1,1.1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='Temp 6' /
```

```
&DEVC XYZ=1.0,1.1,0.71, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='Temp 7' /
```

Trykk og oksygennivå

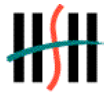
```
&DEVC XYZ=2.2,1.1,1.1, QUANTITY='PRESSURE', ID='Trykk måler 1m
innenfor åpning' /
```

```
&DEVC XYZ=4.75,1.1,1.1, QUANTITY='oxygen', ID='EO2_FDS',
ID='oxygen nivå midt i rom' /
```

Ventilasjon til rommet

```
&VENT MB='XMIN',SURF_ID='OPEN' /
```

```
&VENT MB='ZMAX',SURF_ID='OPEN' /
```



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

```
&VENT MB='XMAX',SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='YMAX',SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='YMIN',SURF_ID='OPEN' /
STOL
&REAC ID          = 'POLYURETHANE'
      FYI          = 'C_6.3 H_7.1 N O_2.1, NFPA Handbook,
Babrauskas'
      SOOT_YIELD   = 0.10
      N            = 1.0
      C            = 6.3
      H            = 7.1
      O            = 2.1 /
&MATL ID          = 'FABRIC'
      FYI          = 'Properties completely
fabricated'
      SPECIFIC_HEAT      = 1.0
      CONDUCTIVITY       = 0.1
      DENSITY            = 100.0
      N_REACTIONS        = 1
      NU_FUEL             = 1.
      REFERENCE_TEMPERATURE = 20.
      HEAT_OF_REACTION    = 3000.
      HEAT_OF_COMBUSTION  = 15000. /
&MATL ID          = 'FOAM'
      FYI          = 'Properties completely
fabricated'
      SPECIFIC_HEAT      = 1.0
      CONDUCTIVITY       = 0.05
      DENSITY            = 40.0
      N_REACTIONS        = 1
      NU_FUEL             = 1.
      REFERENCE_TEMPERATURE = 20.
      HEAT_OF_REACTION    = 1500.
      HEAT_OF_COMBUSTION  = 30000. /
&MATL ID          = 'CARPET PILE'
      FYI          = 'Completely made up'
      CONDUCTIVITY       = 0.16
      SPECIFIC_HEAT      = 2.0
      DENSITY            = 750.
      N_REACTIONS        = 1
      NU_FUEL             = 1.
      REFERENCE_TEMPERATURE = 290.
      HEAT_OF_COMBUSTION  = 22300.
      HEAT_OF_REACTION    = 2000. /
&SURF ID          = 'UPHOLSTERY'
      COLOR          = 'PURPLE'
      BURN_AWAY       = .TRUE.
      MATL_ID(1:2,1) = 'FABRIC', 'FOAM'
      THICKNESS(1:2) = 0.002,0.1
      / PART_ID      = 'smoke'
```



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

```
&SURF ID = 'CARPET'
      MATL_ID = 'CARPET PILE'
      COLOR = 'KHAKI'
      BACKING = 'INSULATED'
      THICKNESS = 0.006 /
PART ID='smoke', MASSLESS=.TRUE., SAMPLING_FACTOR=1 /
&OBST XB= 6.0, 6.60, 0.70, 1.50, 0.50, 0.90, DEVC_ID='Stol
deaktiver' /
&OBST XB= 6.00, 6.60, 0.70, 1.50, 0.90, 1.10,
SURF_ID='UPHOLSTERY',DEVC_ID='Stol deaktiver' / Chair, back
corner, seat cushion
&OBST XB= 5.80, 6.00, 0.70, 1.50, 0.50, 1.40,
SURF_ID='UPHOLSTERY',DEVC_ID='Stol deaktiver' / Chair, back
corner, right armrest
&OBST XB= 6.60, 6.80, 0.70, 1.50, 0.50, 1.40,
SURF_ID='UPHOLSTERY',DEVC_ID='Stol deaktiver' / Chair, back
corner, left armrest
&OBST XB= 6.00, 6.60, 1.30, 1.50, 1.10, 1.70,
SURF_ID='UPHOLSTERY',DEVC_ID='Stol deaktiver' / Chair, back
corner, back cushion
&DEVC XYZ=0.12,2.20,0.8, ID='Stol deaktiver', SETPOINT= 45.0,
QUANTITY='TIME', INITIAL_STATE=.TRUE./
Utdata
&SLCF PBX=1.10, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=2.60, QUANTITY='HRRPUV' / Heat Release Rate per Unit
Volume
&SLCF PBX=2.60, QUANTITY='MIXTURE_FRACTION' /

&TAIL /
```